



TUGAS AKHIR - SF 141501

ANALISIS LEBAR CELAH PITA ENERGI DAN IKATAN MOLEKUL LAPISAN TIPIS α -Si:H YANG DITUMBUHKAN DENGAN METODE PECVD

Umi Maslakah
NRP 1110 100 030

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Darminto, M.Sc.

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SF 141501

ANALYSIS OF ENERGY BAND GAP AND MOLECULAR BONDING OF α -Si:H THIN FILMS DEPOSITED BY PECVD METHODS

Umi Maslakah
NRP 1110 100 030

Advisor
Prof. Dr. Darminto, M.Sc.

Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

**ANALISIS LEBAR CELAH PITA ENERGI DAN
IKATAN MOLEKUL LAPISAN TIPIS a-Si:H YANG
DITUMBUHKAN DENGAN METODE PECVD**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Studi Fisika Material
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

UMI MASLAKAH
NRP 1110 100 030

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Dr. Darminto, M.Sc.
NIP19600303 198701.1.002

(.....)

Surabaya, Januari 2015



ANALISIS LEBAR CELAH PITA ENERGI DAN IKATAN MOLEKUL LAPISAN TIPIS a-Si:H YANG DITUMBUHKAN DENGAN METODE PECVD

Nama : Umi Maslakah
NRP : 1110100030
Jurusan : Fisika, FMIPA-ITS
Pembimbing : Prof. Dr. Darminto, M.Sc

Abstrak

Penelitian terkait analisis lebar celah pita energi dan ikatan molekul lapisan tipis a-Si:H yang ditumbuhkan dengan metode PECVD telah dilakukan. Penelitian ini menggunakan variasi temperatur chamber PECVD saat penumbuhan lapisan tipis, yaitu pada 150°C, 200°C, dan 250°C. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan pengujian XRD, AFM, FTIR dan Spektrofotometri UV-Vis. Hasil analisis sampel secara keseluruhan menunjukkan lapisan tipis yang terbentuk yaitu SiH dengan struktur amorf (a-Si:H). Nilai lebar celah pita energi dari sampel lapisan tipis a-Si:H berkisar antara 1.03 eV – 1.89 eV yang termasuk dalam rentang bahan semikonduktor, sebagai hasil variasi temperatur deposisi.

Kata kunci : *ikatan molekul, lebar celah pita energi, PECVD, silikon amorf terhidrogenasi.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYSIS OF ENERGY BAND GAP AND MOLECULAR BONDING OF a-Si:H THIN FILMS DEPOSITED BY PECVD METHODS

Name : Umi Maslakah
NRP : 1110100030
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor : Prof. Dr. Darminto, M.Sc

Abstract

Analysis on energy band gap and molecular bonding of hydrogenated amorphous silicon (a-Si:H) thin films deposited by Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition (PECVD) have been carried out. The a-Si:H films have been grown in various chamber temperature of 150°C, 200°C, and 250°C. Characterization using XRD, AFM, FTIR and UV-Vis Spectrophotometry were then conducted for the deposited films. All thin film samples exhibited to be SiH state with the amorphous structure, having energy band gap in the range of 1.03 eV – 1.89 eV. These films are as semiconducting materials with controlled band gap, as result of varying deposition temperature.

Key word : *molecular bonding, energy band gap, PECVD, hydrogenated amorphous silicon.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan nikmat yang telah diberikan. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kami dari kebodohan menuju cahaya kebenaran.

Tugas Akhir (TA) ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini ditulis dengan judul :

“Analisis Lebar Celah Pita Energi dan Ikatan Molekul Lapisan Tipis Silikon Amorf Terhidrogenasi (a-Si:H) yang Ditumbuhkan dengan Metode PECVD”

Penulis persembahkan kepada masyarakat Indonesia guna berpartisipasi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang sains dan teknologi.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang membantu penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) dan proses penelitiannya.

1. Kedua orang tua tercinta, Ibu Witi dan Ayah Karimun yang selalu mendoakan dan memberikan semua hal terbaik bagi penulis sejak kecil sampai dewasa. Mbak Sriyatun, Mas Sutrisno, Mas Mukayat, Mbak Nurul Badriyah, Mbak Siti Qoni'ah, M. Muntaha dan M. Taufiq Ibrahim yang selalu memberikan doa, motivasi dan perhatian kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Darminto, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membagi pengalaman serta memberikan pengarahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.

3. Bapak Prof. Dr. Suasgoro dan Bapak Dr. Diky Anggoro yang telah berkenan menguji dan memberi masukan terkait sidang tugas akhir penulis.
4. Bapak Yoyok Cahyono, M.Si. yang telah berbagi pengalaman dan membantu serta mengarahkan penulis dalam proses penelitian.
5. Bapak Dr. rer.nat triwikantoro, M.Sc. selaku dosen Wali yang selalu memberi nasehat dan masukan dalam hal perkuliahan
6. Bapak Muhammad Aqidah dan Mbak Vita selaku laboran Laboratorium Sel Surya, Laboratorium Energi ITS yang telah banyak membantu penulis selama penelitian.
7. Bapak Sholeh selaku laboran Laboratorium Zat Padat Fisika ITS yang telah membantu dalam pengujian sampel.
8. Segenap teman-teman Fisika Cosmic 2010 yang telah menjadi keluarga penulis selama di Surabaya yang telah memberikan dukungan terbaik bagi penulis.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mohon kritik dan saran membangun dari pembaca guna menyempurnakan laporan ini demi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa mendatang. Akhir kata penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak, terutama untuk penelitian selanjutnya. Amiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, Januari 2015

Penulis
umi030@yahoo.com

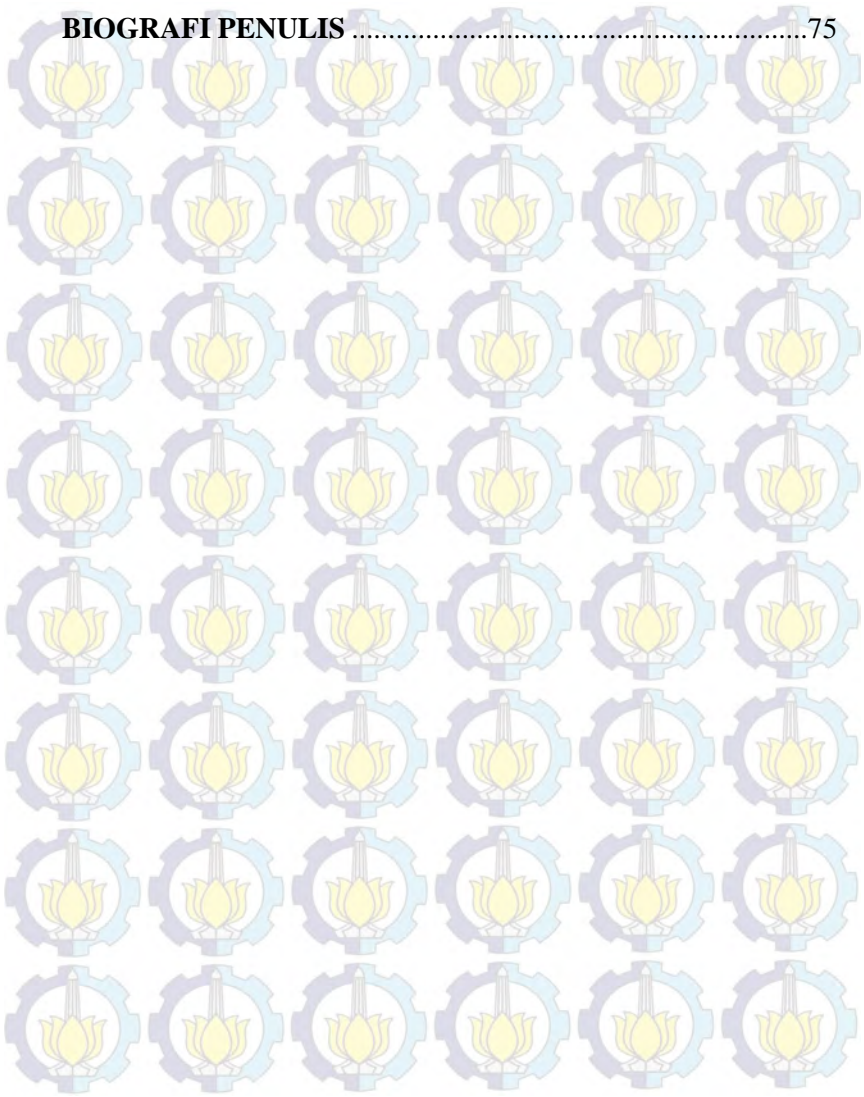
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Silikon Amorfi Terhidrogenasi	5
2.2 Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition.....	7

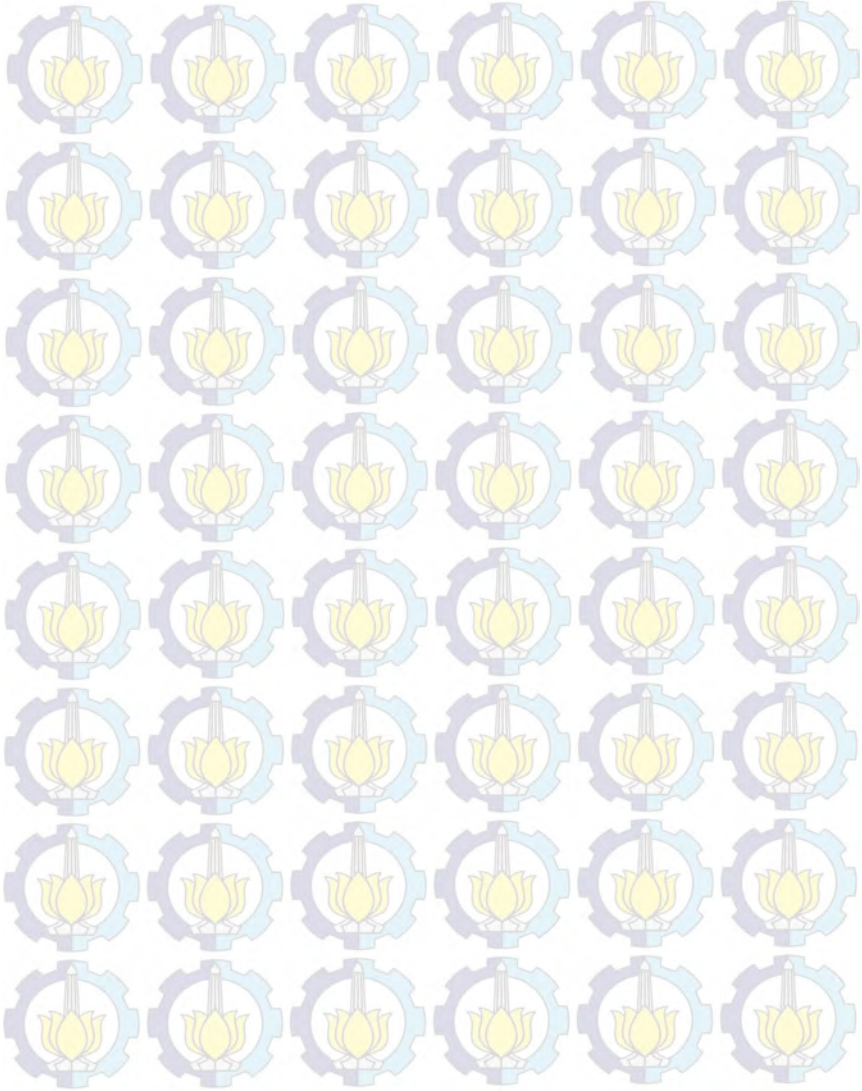
2.3	Metode Pembuatan Lapisan Tipis a-Si:H dengan Metode PECV	11
2.4	Konsep Pita Energi	14
2.5	Karakterisasi Material a-Si:H	17
2.5.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	17
2.5.2	<i>Atomic Force Microscopy (AFM)</i>	20
2.5.3	<i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	21
2.5.4	<i>UV-Vis Spectrophotometry</i>	23
BAB III	METODOLOGI	25
3.1	Alat dan Bahan	25
3.1.1	Alat	25
3.1.2	Bahan	25
3.2	Langkah Kerja	25
3.2.1	Persiapan Substrat Kaca	25
3.2.2	Proses Penumbuhan Lapisan Tipis	26
3.2.3	Proses Karakterisasi	27
3.3	Metode Analisis	28
3.4	Diagram Alir Penelitian	31
BAB IV	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	33
4.1	Hasil Pembuatan Lapisan Tipis a-Si:H	33
4.2	Analisis Struktur Kristal	34
4.3	Analisis Ikatan Gugus Fungsi	37
4.4	Analisis Morfologi Lapisan Tipis	45
4.5	Analisis Lebar Celah Pita Energi Hasil Uji UV-Vis Spektrofotometri	49
BAB V	KESIMPULAN	53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55

LAMPIRAN.....59

BIOGRAFI PENULIS75



“halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Tingkat Kristalinitas Lapisan Tipis a-Si:H.....	36
Tabel 4.2	Puncak intensitas dan struktur kimia referensi.....	38
Tabel 4.3	Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk saat pengujian FTIR pada substrat kaca	39
Tabel 4.4	Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 150 ⁰ C	42
Tabel 4.5	Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 200 ⁰ C	43
Tabel 4.6	Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 250 ⁰ C	43
Tabel 4.7	Pengaruh Temperatur Substrat Terhadap Konsentrasi Hidrogen.....	44
Tabel 4.8	Pengaruh Temperatur Substrat Terhadap Tebal Lapisan Tipis a-Si:H	48
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Lebar Celah Pita Energi Lapisan Tipis a-Si:H	50
Tabel 1	Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk saat pengujian FTIR pada substrat kaca	64

Tabel 2	Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk saat pengujian FTIR pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 150 ⁰ C	65
---------	--	----

Tabel 3	Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk saat pengujian FTIR pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 200 ⁰ C	66
---------	--	----

Tabel 4	Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk saat pengujian FTIR pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 250 ⁰ C	67
---------	--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	(a) Struktur silikon kristal (c-Si), (b) Struktur Silikon amorf terhidrogenasi (a-Si:H).....	6
Gambar 2.2	<i>Density of electronic states</i> dari silikon amorf terhidrogenasi a-Si:H, memperlihatkan band tail state dan dangling bond	7
Gambar 2.3	Bagan PECVD.....	10
Gambar 2.4	Struktur pita energi (a) konduktor, (b) semikonduktor, dan (c) isolator.....	15
Gambar 2.5	Proses terjadinya difraksi pada material padat kristal	18
Gambar 2.6	Pola Difraksi lapisan tipis a-Si:H.....	19
Gambar 2.7	Grafik FTIR Lapisan Tipis a-Si:H	22
Gambar 3.1	Alat <i>Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition</i> (PECVD) di Laboratorium PECVD di LPPM ITS	27
Gambar 3.2	Grafik regresi linier hasil pengujian UV-Vis Spektrofotometri lapisan tipis a-Si:H.....	29
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 4.1	Hasil deposisi SiH dengan masing-masing suhu (a)150°C (b) 200°C (c) 250°C.....	34

Gambar 4.2	Pola difraksi lapisan tipis Si:H.....	35
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Kenaikan Suhu Grafik hasil FTIR lapisan tipis Si-H.....	37
Gambar 4.4	Grafik Hasil FTIR Substrat Kaca	39
Gambar 4.5	Grafik Hasil FTIR Lapisan Tipis.....	40
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Temperatur Substrat Terhadap Konsentrasi Hidrogen.....	44
Gambar 4.7	Hasil Uji AFM lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 150 ⁰ C	45
Gambar 4.8	Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 150 ⁰ C Berdasarkan Hasil Uji AFM.	46
Gambar 4.9	Hasil Uji AFM lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 200 ⁰ C.....	46
Gambar 4.10	Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 200 ⁰ C Berdasarkan Hasil Uji AFM.....	47
Gambar 4.11	Hasil Uji AFM lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 250 ⁰ C	47
Gambar 4.12	Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 250 ⁰ C Berdasarkan Hasil Uji AFM	48
Gambar 4.13	Grafik Hasil Uji UV-Vis Lapisan Tipis a-Si:H	49

Gambar 1 Grafik hasil pengujian XRD lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 150⁰C.....59

Gambar 2 Grafik hasil pengujian XRD lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 200⁰C.....59

Gambar 3 Grafik hasil pengujian XRD lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 250⁰C.....60

Gambar 4 grafik hasil search match XRD lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 150⁰C.....61

Gambar 5 grafik hasil search match XRD lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 200⁰C.....62

Gambar 6 grafik hasil search match XRD lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 250⁰C.....63

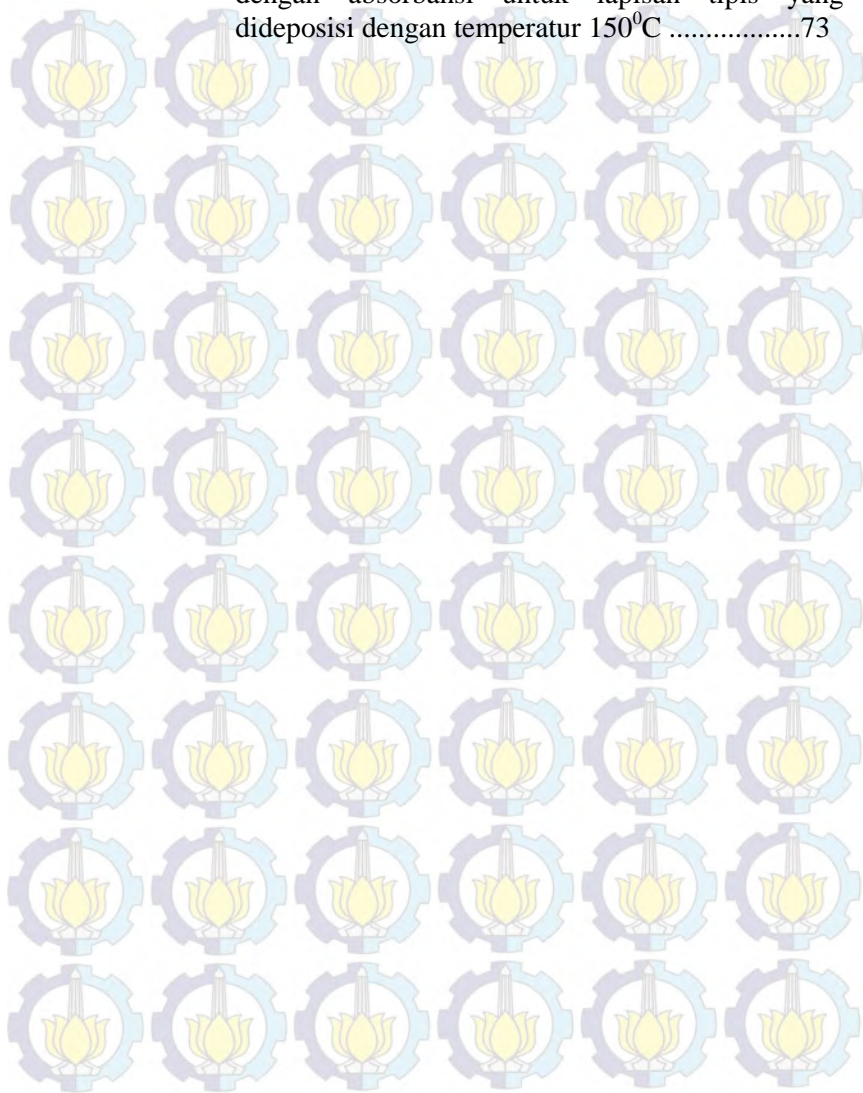
Gambar 7 Hasil Uji FTIR Substrat Kaca yang telah dianalisis dengan software *EssentialFTIR*64

Gambar 8 Hasil Uji FTIR Lapisan Tipis a-Si:H dengan Suhu Deposisi 150⁰C yang telah dianalisis dengan Software *EssentialFTIR*65

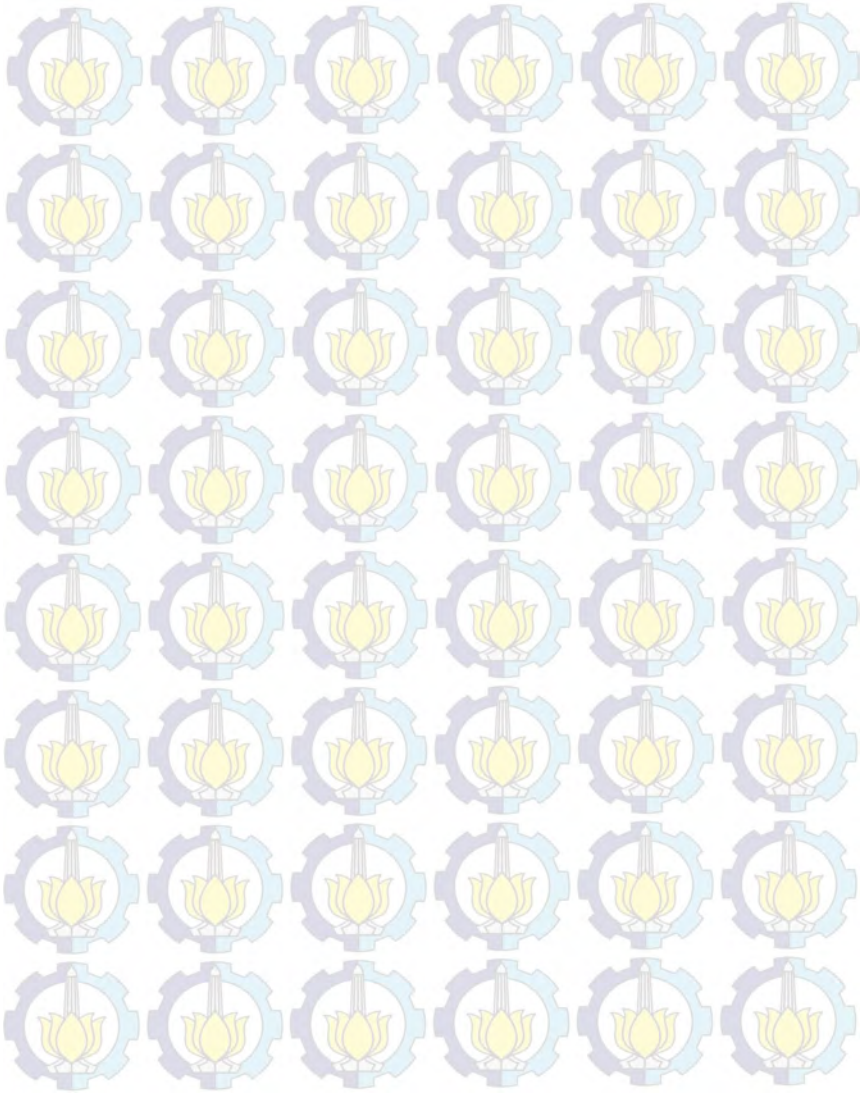
Gambar 9 Hasil Uji FTIR Lapisan Tipis a-Si:H dengan Suhu Deposisi 200⁰C yang telah dianalisis dengan Software *EssentialFTIR*66

Gambar 10	Hasil Uji FTIR Lapisan Tipis a-Si:H dengan Suhu Deposisi 250 ⁰ C yang telah dianalisis dengan Software <i>EssentialFTIR</i>67
Gambar 11	Hasil Uji AFM Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan Suhu 150 ⁰ C.....68
Gambar 12	Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 150 ⁰ C Berdasarkan Hasil Uji AFM.....68
Gambar 13	Hasil Uji AFM Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan Suhu 200 ⁰ C.....69
Gambar 14	Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 200 ⁰ C Berdasarkan Hasil Uji AFM.....69
Gambar 15	Hasil Uji AFM Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan Suhu 250 ⁰ C.....70
Gambar 16	Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 250 ⁰ C Berdasarkan Hasil Uji AFM.....70
Gambar 17	Grafik hasil uji UV-Vis antara panjang gelombang dengan absorbansi untuk lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 150 ⁰ C71
Gambar 18	Grafik hasil uji UV-Vis antara panjang gelombang dengan absorbansi untuk lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 150 ⁰ C72

Gambar 19 Grafik hasil uji UV-Vis antara panjang gelombang dengan absorbansi untuk lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 150⁰C73



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan teknologi saat ini, semikonduktor merupakan material yang masih dikembangkan. Semikonduktor merupakan material yang konduktivitas berada diantara konduktor dan isolator. Material ini dapat bersifat sebagai isolator pada keadaan normal dan dapat berubah jadi konduktor jika diberi perlakuan tertentu, misalnya disinari dengan cahaya. Penelitian mengenai semikonduktor ini masih terus dikembangkan, terutama pada struktur material dasar pembentuknya agar diperoleh sifat-sifat yang optimal.

Salah satu contoh semikonduktor yang sedang dikembangkan adalah silikon amorf terhidrogenasi (a-Si:H). Lapisan tipis silikon amorf terhidrogenasi (a-Si:H) pertama kali diperkenalkan tahun 1965 sebagai film “silikon dari silan”. a-Si:H merupakan material penyusun bahan semikonduktor yang banyak digunakan sebagai bahan sel surya. Dalam perkembangannya, proses penumbuhan a-Si:H masih terus dilakukan penelitian dalam rangka pengoptimalan material ini. Penelitian material ini sangat menarik untuk lebih jauh dikembangkan, disebabkan adanya beberapa keunggulan material a-Si:H ini dibandingkan dengan Kristal silikon (c-Si). Keunggulan tersebut antara lain lebar celah pita energi mudah dikontrol, suhu penumbuhan relatif rendah dibawah 500 °C (untuk penumbuhan Kristal ~ 1450 °C) dan absorpsi cahaya cukup tinggi. Suhu rendah dan kemudahan memilih substrat merupakan faktor yang menjadikan proses penumbuhan relatif murah.

Lapisan tipis a-Si:H ditumbuhkan dengan berbagai metode. Salah satunya adalah metode dengan sistem Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition (PECVD). Metode PECVD menggunakan frekwensi radio (RF) sebagai sumber pembangkit daya discharge. Lapisan-lapisan tipis amorf yang

dihasilkan ditumbuhkan pada suhu substrat di bawah 550 °C. Untuk deposisi bersuhu rendah ini membutuhkan sumber energi pendeposisian molekul gas silan (SiH_4) dalam bentuk plasma. Untuk pengoptimalan lapisan tipis a-Si:H sebagai semikonduktor, perlu untuk mengetahui struktur dan sifat-sifatnya. Salah satu sifat yang dapat direkayasa untuk pengoptimalan lapisan tipis a-Si:H adalah lebar celah pita energi (bandgap). Didalam penelitian ini, difokuskan pada pengaruh temperatur deposisi terhadap lebar celah pita energi pada lapisan a-Si:H.

Pada penelitian ini akan dilakukan fabrikasi lapisan tipis a-Si:H dengan menggunakan metode sistem PECVD. Keunggulan dari metode ini adalah dapat digunakan dalam temperatur yang cukup rendah dibandingkan metode penumbuhan lapisan tipis lainnya. Karakterisasi dilakukan dengan beberapa pengujian yaitu uji X-Ray Diffractrometer (XRD), uji UV-Vis, uji FTIR dan uji AFM.

1.2 Rumusan Permasalahan

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh temperatur deposisi terhadap lebar celah pita optik, ukuran kristal, serta ikatan molekul dari a-Si:H dengan menggunakan metode sistem PECVD dengan parameter-parameter lain dibuat konstan.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan dibatasi pada pembuatan lapisan tipis a-Si:H dengan menggunakan metode PECVD dengan variasi temperatur deposisi yang rendah dengan parameter-parameter lain dibuat konstan, serta tingkat kristalinitas, tebal lapisan dan lebar celah pita energi lapisan tipis a-Si:H.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur deposisi terhadap lebar celah pita optik lapisan tipis a-

Si:H serta bentuk kristal dari a-Si:H yang dideposisi dengan menggunakan metode sistem PECVD.

1.5 Manfaat penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman tentang bagaimana pengaruh variasi temperatur deposisi terhadap besarnya lebar celah pita energi pada lapisan tipis, serta mengetahui pengaruh temperatur deposisi terhadap ukuran kristal, serta bentuk kristal dari a-Si:H dengan menggunakan metode sistem PECVD dengan parameter-parameter lain dibuat konstan.

1.6 Sistematika penulisan

Penulisan Tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, Bab III metodologi penelitian, Bab IV hasil penelitian dan pembahasannya, dan Bab V kesimpulan dan saran.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

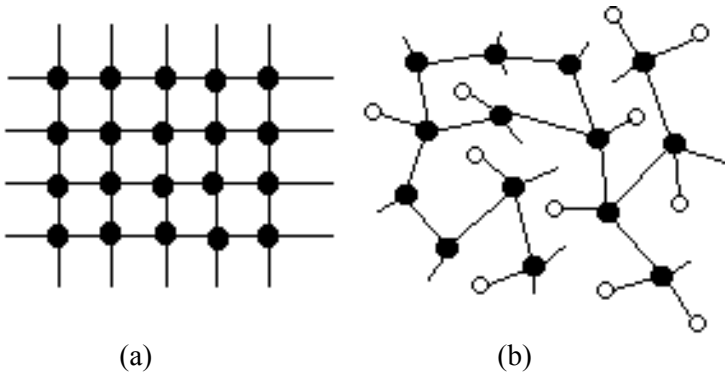
2.1 Silikon Amorf Terhidrogenasi

Silikon amorf merupakan bentuk non kristal dari silikon yang mempunyai keteraturan pendek, berbeda dengan silikon kristal yang mempunyai keteraturan yang panjang.

Lapisan tipis silikon amorf terhidrogenasi (a-Si:H) pertama kali diperkenalkan tahun 1965 sebagai film “silikon dari silan”. a-Si:H merupakan material penyusun bahan semikonduktor yang banyak digunakan sebagai bahan sel surya. Material a-Si:H mempunyai banyak keunggulan dibandingkan material c-Si yaitu diantaranya celah pita energi a-Si:H lebih lebar (sekitar 1,8 eV) dibandingkan c-Si (sekitar 1,1 eV). Selain itu, koefisien absorpsi a-Si:H terhadap cahaya tampak lebih tinggi ($\sim 10^6 \text{ cm}^{-1}$) dibandingkan c-Si ($\sim 10^4 \text{ cm}^{-1}$). Dengan ketebalan 1 μm , lapisan a-Si:H mampu menyerap 90% dari energi matahari.

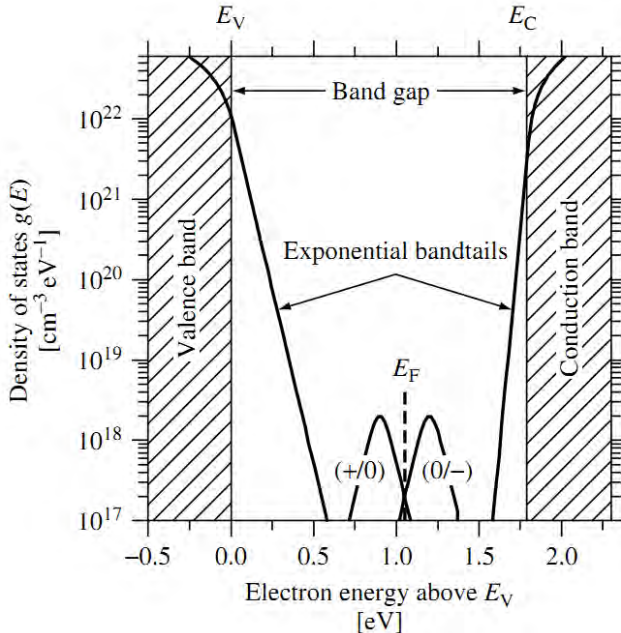
Setiap atom silikon berikatan kovalen dengan empat atom tetangga terdekat. Semua ikatan memiliki panjang ikatan yang sama dan sudut antara ikatan juga sama. Panjang ikatan dan besar sudut antara ikatan mengalami penyimpangan sehingga struktur jaringannya acak. Struktur jaringan yang acak menyebabkan terbentuknya ikatan-ikatan lemah sehingga mudah terlepas ketika mendapat energi tertentu.

Pada struktur amorf, tidak semua atom silikon mengikat empat atom tetangga terdekat sehingga ada elektron yang tidak berikatan. Hal tersebut menyebabkan terbentuknya *dangling bond*. Dangling bond menyediakan tempat bagi atom silikon untuk berikatan dengan atom lain misalnya hidrogen. Silikon amorf yang sebagian *dangling bond* terisi dengan atom hidrogen disebut a-Si:H. Dangling bond menyediakan tempat bagi elektron dan hole untuk berekombinasi. Tetapi dengan adanya hidrogen, hal tersebut dapat dinetralkan. Struktur dari c-Si dan a-Si:H dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 (a) Struktur silikon kristal (c-Si), (b) Struktur Silikon amorf terhidrogenasi (a-Si:H)

Pengaruh kandungan hidrogen dalam proses penumbuhan lapisan tipis a-Si:H, mengakibatkan tingkat kecacatan bergerak masuk ke pita konduksi dan valensi, sehingga kerapatan keadaan (*state density*) berkurang secara tajam, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.2. Dangling bond bermuatan positif (D^+) berada di dekat pita konduksi, sedangkan yang bermuatan negatif (D^-) berada di dekat pita valensi dan bermuatan netral (D^0) berada ditengah celah pita energi. State (D^-) ditempati dua elektron, state (D^+) tidak ada elektron, dan state (D^0) ditempati satu elektron. Dengan memasukkan hidrogen ke dalam jaringan atom silikon amorf, dangling bond dipasivasi ketika atom hidrogen membentuk ikatan dengan dangling bond atom silikon. Dengan cara ini, kerapatan defek dalam silikon amorf menjadi berkurang, sehingga material menjadi lebih berguna untuk aplikasi fotovoltaik dan optoelektronik. Untuk itu lebar celah pita energi sangat dipengaruhi oleh kandungan hidrogen dan keberadaan defek pada lapisan tipis a-Si:H.



Gambar 2.2 *Density of electronic states* dari silikon amorf terhidrogenasi a-Si:H, memperlihatkan band tail state dan dangling bond [Deng-Schiff, 2003].

2.2 Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition

Pada umumnya penumbuhan lapisan tipis a-Si:H dilakukan dengan metode *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PECVD). *Plasma enhanced chemical vapor deposition* (PECVD) merupakan pengembangan dari teknik CVD. Teknik ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1960 untuk semikonduktor terutama silikon nitrida. Pengembangan teknik PECVD diawali oleh Curtins dan kawan-kawan pada tahun 1987 dengan meningkatkan frekuensi eksitasi plasma dalam rentang frekuensi yang sangat tinggi (Curtins dkk., 1987).

Teknik lain yang biasa digunakan untuk penumbuhan lapisan tipis a-Si:H adalah RF-PECVD (frekwensi 13,56 MHz).

Pada metode ini plasma berperan untuk memberikan sumber energi untuk mendisosiasi gas silan. Hal ini terjadi oleh tumbukan elektron-elektron karena percepatan dalam medan listrik. Pertumbuhan lapisan a-Si:H dilakukan oleh partikel-partikel reaktif yang disebut sebagai radikal yang muncul dari molekul silan yang terdisosiasi selama proses deposisi. Sejumlah energi yang muncul saat molekul silan bertumbukan dengan elektron diradiasikan sebagai sinar tampak, sehingga metode plasma seringkali juga disebut sebagai metode glow discharge. Gambar 2.4 merupakan skema sistem RF-PECVD (Y.T. Kim, D.S. Kim, dan D.H. Yoon, 2005).

Teknik PECVD menggunakan plasma untuk proses deposisinya. Jika gas diatomik (hidrogen) dipanaskan pada suhu tertentu maka semua molekul akan terurai menjadi atom-atom ($H_2 \rightarrow 2H$) dan terionisasi membentuk plasma. PECVD digunakan untuk fabrikasi film lapisan tipis silikon amorf dan film lapisan karbon. Saat ini PECVD banyak digunakan dalam pembentukan sel surya silikon amorf, nitrida dan isolator oksida. Komponen-komponen PECVD yaitu :

- a) ITZ (*Isolation and Transfer Zone chamber* termasuk lengan robotik dengan vakum kompatibel beserta wadah khusus untuk substrat yang berfungsi sebagai pembawa substrat menuju MPZ dan mengambil substrat dari MPZ.
- b) MPZ#1, #2 merupakan pusat pemrosesan PECVD berupa *chamber-chamber* satu sama lain. Disini terjadi proses deposisi film lapisan tipis. Terdiri dari 2 ruang (*Modular Process Zone electrode*, *substrat rail system gate valve*).
- c) *Entry port*, merupakan pintu masuk dan keluar substrat.
- d) Pemisah sistem pemompaan vakum yang meliputi untuk MPZ#1, #2 dan ITZ. Setiap MPZ memiliki untuk pengatur tekanan *downstream*
- e) Manipol gas proses untuk MPZ #1, #2 termasuk total dari 7 pengendali aliran massa gas.

Selain komponen yang telah disebutkan di atas ada pompa turbo molukular pendingin air dan pompa *rotary vane*

yang berada pada bagian ventilasi di dalam kerangka. *Manifold* gas berada pada bagian belakang rangka. Kontrol elektronik diletakkan pada bagian muka dari kerangka. Sistem ini membutuhkan pasokan gas-gas yang dibuthkan untuk proses deposisi serta sistem penanganan limbah yang benar untuk membuang gas sisa hasil deposisi.

ITZ *chamber* terdiri dari penahan dengan 8 metal sealed CF dan *port OD flens* yang semuanya dihubungkan ke MPZ dan port entry. ITZ merupakan pusat komponen dari PECVD. Lengan robotik terletak di pusat papan bawah ITZ. Gerakan pada lengan robotik berupa gerakan linear dan rotasional yang kesemuanya dikendalikan oleh komputer. Lengan robotik berfungsi untuk membawa substrat dari pintu masuk ke dalam MPZ dan untuk mengambil substrat dari MPZ. Pada layar monitor komputer dapat terlihat posisi lengan robotik serta substrat. Bentuk lengan robotik sama seperti lengan manusia yang terdiri atas bahu, siku dan pergelangan tangan yang membuat lengan robotik dapat berputar 360° .

Pada saat substrat sudah berada dalam MPZ lengan akan kembali ke posisi semula yaitu berada di tengah ITZ. Pada ujung lengan robotik (pergelangan tangan) terdapat wadah berbentuk kotak berukuran 10cm x 10cm berbahan aluminium untuk meletakkan substrat.

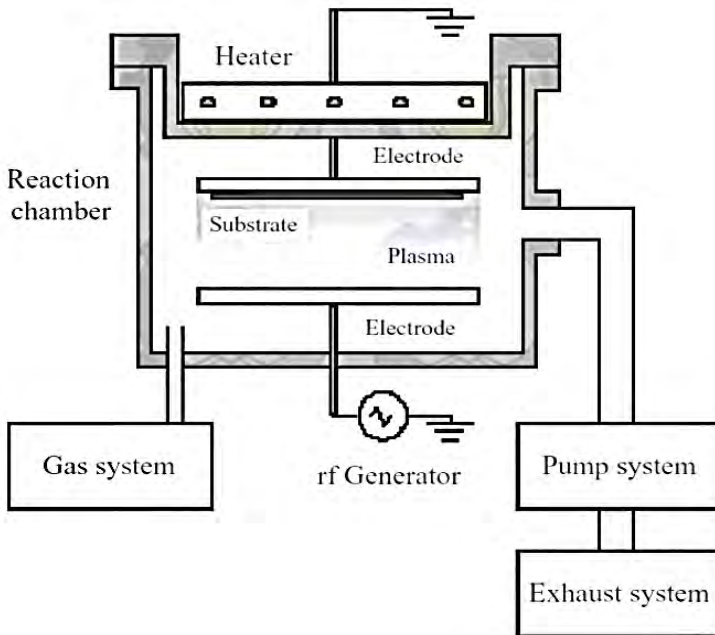
Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan media non-logam (dalam PECVD merupakan sebuah kaca) dari sebuah sirkuit, misalnya semikonduktor, elektrolit, vakum. Elektroda berada dalam MPZ berfungsi sebagai tempat terbentuknya plasma.

Pada setiap MPZ terdapat lintasan yang berfungsi sebagai jalur untuk substrat melewati elektroda rf. Lintasan harus dalam keadaan lurus pada saat pemasangan, karena hal ini akan membuat lengan robotik akan bergerak secara simetri pada saat peletakkan substrat saat melewati elektroda rf. Di depan ITZ terdapat pintu masuk untuk tempat substrat keluar masuk. Untuk membuka pintu ini keadaan dalam ITZ harus dalam tekanan udara

bebas sekitar 300 Torr dengan cara mengaktifkan gas N_2 untuk membuang gas.

Pada *manifold* gas digunakan komponen standar pelapis VCR agar tidak terjadi kebocoran gas. Setelah pemasangan manifold gas, maka yang perlu dilakukan selanjutnya adalah tes kebocoran terhadap *manifold* gas tersebut.

Pada kontrol elektronik, *Valve gate* antara ITZ dengan MPZ dioperasikan secara pneumatik dengan perbedaan tekanan maksimum untuk membuka *valve gate* adalah 30 mbar. Jika tekanan dalam *chamber* MPZ terlalu tinggi maka gas proses tidak dapat mengalir dan tombol stop *emergency* akan diaktifkan mengakibatkan gas proses tidak diperbolehkan mengalir ke dalam MPZ. Saklar pembatas pada lengan robotik pengangkut substrat akan menginterupsi gerakan jika perpanjangan lengan robotik atau putaran pada lengan robotik melebihi batasan yang diijinkan.



Gambar 2.3 Bagan PECVD [Dessyntyah- Yahya, 2010]

2. 3 Metode Pembuatan Lapisan Tipis a-Si:H dengan PECVD

Plasma didefinisikan sebagai gas-gas yang terionisasi yang kuasinetral yaitu adanya peristiwa hilangnya muatan pada plasma secara cepat dari partikel yang bermuatan dan partikel yang netral. Plasma diketahui memiliki konduktivitas listrik yang tinggi yang membuat medan listrik pada plasma kecil.

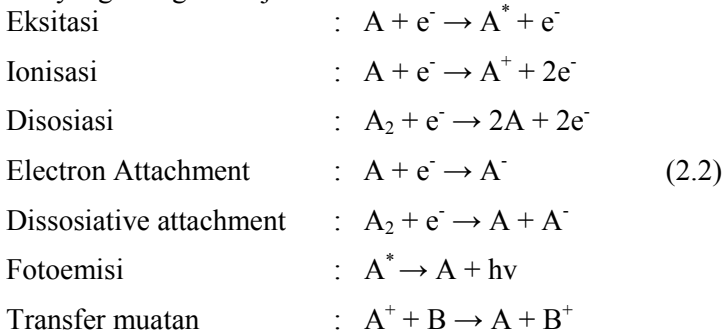
Proses PECVD merupakan teknik umum yang digunakan untuk deposisi lapisan tipis. Lapisan tipis yang dideposisi dengan sistem PECVD didapatkan kandungan Hidrogen sebesar 10 sampai 20% (Syamsu dkk, 2000). Salah satu keuntungan penting dari proses PECVD adalah temperatur gas rendah dalam reaktor selama proses deposisi yang membuat cocok digunakan untuk berbagai substrat.

Plasma terbentuk melalui tumbukan inelastik antara molekul gas dan elektron dalam *chamber discharge*. Medan listrik untuk percepatan elektron dapat diberikan melalui arus DC, Frekuensi tinggi tegangan AC, atau melalui gelombang pendek. Medan listrik dalam plasma awalnya mempercepat sebuah elektron bebas masuk dalam gas. Ion-ion dianggap tidak bergerak karena massanya lebih besar. Elektron yang dipercepat tidak kehilangan banyak energi didalam tumbukan elastik dengan gas disebabkan karena beda massanya besar. Elektron ini juga tidak kehilangan banyak energi didalam tumbukan inelastik(eksitasi dan ionisasi) hingga energi elektron mencapai batas energi yang diperlukan. Akibatnya elektron yang dipercepat ini meningkatkan energi secara cepat dari medan listrik. Ketika elektron ini telah mendapatkan energi yang cukup, tumbukan dengan gas mengakibatkan eksitasi dan ionisasi sehingga menghasilkan elektron tambahan.

Plasma didefinisikan sebagai gas-gas terionisasi yang kuasinetral yaitu adanya peristiwa hilangnya muatan pada plasma secara cepat dari partikel yang bermuatan dan partikel yang netral. Adanya keadaan kuasinetral menyebabkan plasma tidak bermuatan. Plasma diketahui memiliki konduktivitas listrik yang

tinggi yang membuat medan listrik pada plasma kecil [Dessyntya-Yahya, 2010].

Tumbukan inelastik antara elektron dan gas menimbulkan molekul yang sangat reaktif, seperti ion-ion dan elektron. Molekul yang reaktif ini digunakan untuk mendeposisi lapisan tipis pada temperatur rendah, sebab temperatur gas tidak naik secara signifikan selama proses deposisi. Reaksi tumbukan inelastik yang mungkin terjadi adalah:



Metode deposisi lapisan tipis a-Si:H dengan sistem PECVD yaitu gas SiH_4 dan gas H_2 sebagai bahan utama ke dalam sistem alat PECVD melalui *chamber* untuk mendeposisi silikon. Gas-gas tersebut akan terdisosiasi membentuk plasma yang berwarna ungu dan plasma berperan sebagai sumber energi pada proses deposisi. Proses deposisi lapisan tipis a-Si:H dengan menggunakan metode PECVD dapat dijelaskan dalam 4 tahapan, yaitu :

1. Reaksi primer dalam fase gas dengan molekul-molekul silan terdekomposisi oleh tumbukan elektron tereksitasi menghasilkan beragam radikal netral, ion positif dan ion negatif, dan elektron.
2. Reaksi sekunder dalam plasma diantara molekul, ion dan radikal menghasilkan formasi spesies reaktif dan dapat muncul sebagai kelompok besar silikon-hidrogen, penampakan yang terlihat pada lapisan berupa debu atau serbuk. Spesies netral berdifusi kedalam substrat, ion

positif menembaki lapisan, sedangkan ion negatif terperangkap dalam plasma.

3. Interaksi radikal dengan permukaan selama pertumbuhan lapisan, meliputi difusi radikal, ikatan kimia dan pengikatan hidrogen pada permukaan.
4. Sub permukaan melepaskan hidrogen dan terjadi relaksasi struktur jaringan silikon.

Sifat dan struktur material Si:H sangat ditentukan oleh detail dari proses deposisi. Untuk mendapatkan karakteristik material yang diinginkan banyak variabel dalam proses deposisi yang perlu diperhatikan. Variabel dalam proses deposisi lapisan tipis dengan metode PECVD antara lain

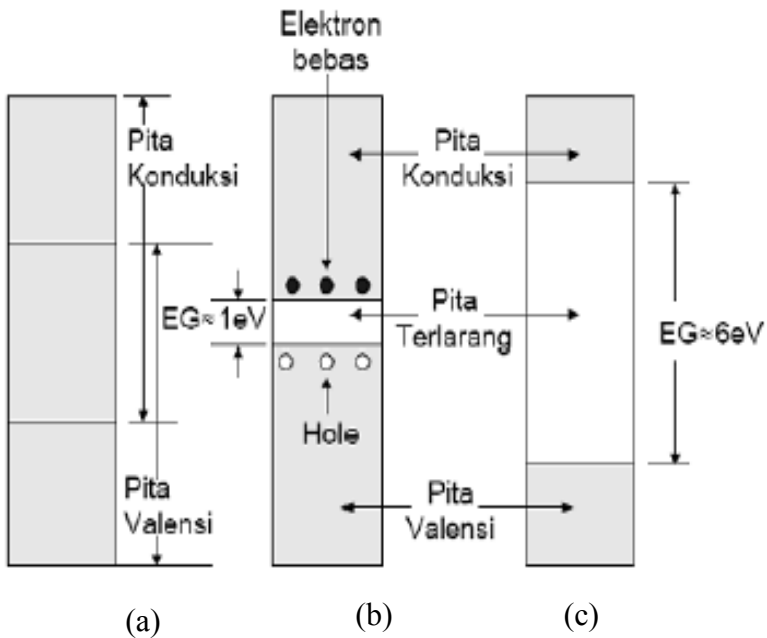
- Temperatur substrat (T)
Temperatur substrat merupakan salah satu parameter utama untuk mengontrol sifat-sifat lapisan tipis hasil deposisi. Parameter ini mengendalikan reaksi kimia yang terjadi pada permukaan deposisi. Lebih tepatnya temperatur substrat memiliki pengaruh pada reaksi plasma serta pada reaksi permukaan dan proses *cross-linking* dari atom dan molekul yang berkontribusi pada pertumbuhan lapisan tipis. Temperatur substrat juga memodifikasi terjadinya pembentukan nanopartikel dalam volume plasma.
- Jenis Substrat
Hasil deposisi sangat bergantung pada jenis substrat. Jika parameter deposisi sama, tetapi substrat yang digunakan berbeda maka akan mempengaruhi lebar celah pita energi dari lapisan tipis tersebut.
- Daya RF(W)
Daya RF mengontrol laju disosiasi dari gas. Oleh karena itu daya rf juga mengontrol laju deposisi lapisan. Dengan menaikkan daya, rapat elektron menjadi naik yang menyebabkan disosiasi yang lebih tinggi pada gas prekursor. Dengan daya lebih tinggi lebih banyak molekul

silan yang terdisosiasi sehingga radikal SiH_3 menjadi lebih banyak didalam fase gas dan dengan demikian laju deposisi lapisan menjadi lebih cepat.

- Laju aliran gas
Laju aliran menunjukkan waktu tinggal dari molekul gas dalam chamber. Laju aliran gas dapat menentukan fase dari lapisan tipis yang dihasilkan. Dengan laju silan yang rendah, atau laju hidrogen yang rendah lapisan hasil deposisi dalam fase kristal.
- Tekanan
Tekanan gas menentukan jalan bebas rata-rata untuk tumbukan molekul gas. Tekanan juga dapat mempengaruhi apakah reaksi terjadi pada permukaan deposisi atau dalam gas
- Waktu deposisi
Lama waktu deposisi dapat menentukan tebal lapisan tipis yang dihasilkan. Pada hasil deposisi, tebal lapisan dapat menentukan fase material lapisan tipis yang terbentuk.

2.4 Konsep Pita Energi

Berdasarkan struktur pita energi, suatu bahan dibedakan menjadi tiga macam, yakni konduktor, isolator, dan semikonduktor. Konduktor memiliki pita valensi dan pita konduksi saling bertumpangan. Semikonduktor dan isolator, pita valensi dan pita konduksi tidak bertumpangan, dan selang di antaranya menyatakan energi yang tidak boleh dimiliki elektron. Selang seperti itu disebut pita terlarang (*band gap*) yang menunjukkan besarnya energi gap yang dimiliki bahan tersebut.



Gambar 2.4 Struktur pita energi (a) konduktor, (b) semikonduktor , dan (c) isolator

Konduktor adalah penghantar listrik yang baik atau memiliki resistansi listrik yang kecil. Hal ini disebabkan karena konduktor memiliki energi gap yang sangat kecil bahkan dapat dipandang seperti tumpang tindih (*overlap*) antara pita valensi dan pita konduksi. Konduktor memiliki struktur pita energi yang diisi elektron hanya sebagian saja. Pita energi yang terisi elektron sebagian merupakan pita konduksi. Medan listrik eksternal yang dikenakan pada konduktor akan mempengaruhi elektron, sehingga memperoleh tambahan energi dan memasuki tingkat energi yang lebih tinggi. Elektron tersebut seperti elektron bebas yang lincah dan gerakannya menghasilkan arus listrik. Pita energi yang terisi sebagian merupakan pita konduksi. Jika suhunya

diperbesar hambatan listriknya bertambah pula. Hal ini disebabkan karena elektron-elektron yang bebas mendapatkan energi termal sehingga tidak lagi mudah untuk digerakkan. Contoh dari bahan konduktor adalah tembaga, aluminium, besi, dan sebagainya.

Isolator adalah bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik atau suatu penghantar yang buruk. Isolator memiliki pita valensi yang penuh berisi elektron, sedangkan pita konduksinya kosong. Energi gap isolator sangat besar sekitar 6 eV, sehingga energi yang diperoleh dari medan eksternal terlalu kecil untuk memindahkan elektron melewati energi gap tersebut, sehingga penghantaran listrik tidak dapat berlangsung. Umumnya isolator memiliki dua sifat yaitu mempunyai celah energi yang cukup besar antara pita valensi dan pita konduksi, serta tingkat energi fermi terletak pada celah energinya.

Semikonduktor merupakan bahan yang memiliki konduktivitas listriknya terletak antara konduktor dan isolator, atau bahan yang memiliki resistivitas antara konduktor dan isolator yaitu sebesar $10^{-2} - 10^{-9} \Omega\text{m}$. Bahan semikonduktor seperti germanium, silikon, karbon, dan selenium. Semikonduktor memiliki struktur pita energi yang sama dengan isolator, celah energi terlarang atau energi gap (E_g) pada semikonduktor jauh lebih kecil daripada isolator. Celah energi yang tidak terlalu besar ini menyebabkan semikonduktor memiliki perilaku yang berbeda dari bahan isolator.

Berdasarkan dengan konsep pita energi, semikonduktor merupakan bahan yang pita valensinya hampir penuh dan pita konduksinya hampir kosong dengan lebar pita terlarang (E_g) sangat kecil (± 1 eV hingga 2 eV). Pada suhu 0 K, bahan semikonduktor akan berlaku sebagai isolator dengan pita valensinya terisi penuh dan pita konduksi kosong. Namun pada suhu kamar, bahan semikonduktor akan mempunyai sifat konduktor. Energi termal diterima oleh elektron-elektron pada pita valensi. Jika energi termal lebih besar atau sama dengan E_g -nya maka elektron-elektron tersebut mampu melewati celah

energi terlarang dan berpindah ke pita konduksi sebagai elektron hampir bebas. Elektron-elektron tersebut meninggalkan kekosongan pada pita valensi yang disebut dengan lubang (*hole*). *Hole* pada pita valensi dan elektron hampir bebas pada pita konduksi itulah yang berperan sebagai penghantar arus pada semikonduktor, dimana elektron pembawa muatan negatif dan *hole* merupakan pembawa muatan positif. Jadi, hantaran listrik pada semikonduktor sangat bergantung pada suhu dibandingkan dengan hantaran listrik pada konduktor dan isolator (Suwitra, 1989).

2.5 Karakterisasi Material a-Si:H

2.5.1 X-Ray Diffraction (XRD)

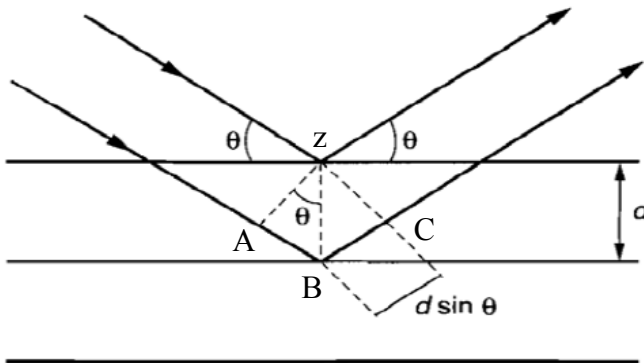
Difraktometer sinar-X merupakan salah satu teknik penguraian sinar-X yang sangat sering digunakan dalam karakterisasi material. XRD digunakan untuk memeriksa struktur kristal dalam suatu material. Difraktometer memungkinkan kita untuk mengidentifikasi struktur kristal dan kualitas dengan menganalisis kemudian membandingkan spektrum di elemen dengan database yang berjumlah lebih dari 60.000 spektrum difraksi dari zat yang telah diketahui. Metode difraksi dapat mengidentifikasi senyawa kimia dari struktur kristalnya, tidak dari komposisi kimianya. Hal ini berarti perbedaan senyawa (atau fasa) dapat diidentifikasi (Leng, Yang, 2008).

Difraksi adalah efek interferensi yang menyebabkan terjadinya hamburan dari berkas kuat radiasi pada arah tertentu dan mengikuti hukum Bragg. Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dan akan menunjukkan gejala difraksi bila sinar tersebut jatuh pada benda yang jarak antar atomnya kira-kira sama dengan panjang gelombang tersebut. Spektroskopi difraksi sinar-X (*X-Ray Diffractometer/XRD*) digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel.

Difraktometer sinar-x merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi cuplikan berupa kristal dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-x. XRD terdiri dari slit dan film serta monokromator. Hasil yang diperoleh dari percobaan adalah intensitas relatif (I) dan sudut hamburan (2θ). Hamburan sinar-x berasal dari atom-atom yang membentuk bidang kisi kristal dari cuplikan yang diamati. Difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Hamburan monokromatis sinar-X dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif. Dasar dari penggunaan difraksi sinar-X untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg :

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2.1)$$

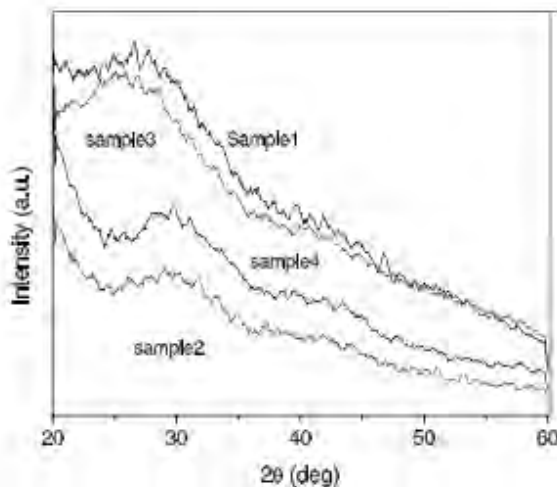
dengan λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan, d adalah jarak antara dua bidang kisi, θ adalah sudut antara sinar datang dengan bidang normal, dan n adalah bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan.



Gambar 2.5 Proses terjadinya difraksi pada material padat (Irvina, 2009).

Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk hampir semua jenis material.

Hasil pola difraksi dari lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan metode PECVD dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5. Pola difraksi dari lapisan tipis a-Si:H tidak membentuk puncak-puncak yang tajam. Hal ini menunjukkan lapisan tipis yang terbentuk mempunyai fase amorf. Berikut ini pola difraksi dari lapisan tipis a-Si:H berdasarkan penelitian Purabi Gogoi dkk



Gambar 2.6 Pola Difraksi lapisan tipis a-Si:H (Gogoi, Purabi dkk, 2008)

2.5.2 *Atomic Force Microscopy (AFM)*

Atomic Force Microscopy (AFM) digunakan untuk mengetahui morfologi dari suatu material. AFM menggunakan jarum yang sangat tajam sebagai probe yang digunakan untuk menggambarkan topografi sampel. AFM mendeteksi gaya yang terjadi antara jarum dan sampel. Detektor gaya pada AFM mempunyai prinsip kerja yang sama dengan metode defleksi sinar. Gaya yang timbul antara jarum dan sampel membangkitkan getaran pada *cantilever*. Jumlah getaran pada *cantilever* dicatat oleh photodioda yang kemudian dijadikan data agar menjadi gambar topografi dari sampel.

Hasil karakterisasi AFM berupa gambar topografi sampel berbentuk tiga dimensi. Dengan gambar tiga dimensi tersebut, dapat diketahui struktur permukaan lapisan tipis serta dapat menentukan ketebalan dari suatu lapisan tipis.

2.5.3 *Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy*

Spektroskopi merupakan studi mengenai interaksi antara energi cahaya dengan suatu materi. Teknik spektroskopi dapat digunakan untuk menentukan struktur senyawa yang tidak diketahui dan untuk mempelajari karakteristik ikatan dari senyawa yang telah diketahui.

Fourier Transformation merupakan istilah umum yang mendeskripsikan analisis dari sinyal yang bervariasi ke dalam komponen frekuensi pembentuknya. Transformasi fourier dapat diaplikasikan untuk beberapa variasi dari spektroskopi termasuk spektroskopi inframerah yang lebih dikenal dengan istilah *fourier transform infrared (FT-IR)*, *nuclear magnetic resonance (NMR)* dan *electron spin resonance (ESR)*. Spektroskopi FT-IR termasuk absorpsi, refleksi, emisi atau spektrum photoacoustic yang diperoleh dengan menransformasi fourier dari sebuah *optical interferogram*. Dalam spektroskopi FTIR mengidentifikasi vibrasi molekul-molekul yang terdapat dalam suatu material.

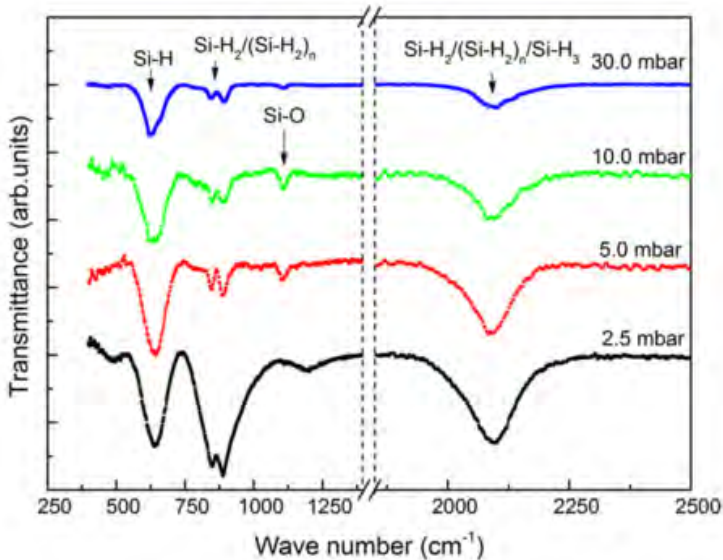
Spektrometer FTIR menggunakan interferometer yang memungkinkan berbagai panjang gelombang diproduksi dengan simultan dekat, sehingga mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk analisis. Interferometrik spektroskopi inframerah mempunyai spektrum cahaya yang tinggi karena seluruh radiasi IR melewati, diemisikan dan direfleksikan dari sampel dan menghantam detektor satu kali. Pada kebanyakan sistem FTIR komersial menggunakan kesatuan interferometer Michelson yang terdiri dari pemecah sinar, cermin, laser, dan pada beberapa kasus terdapat sebuah celah.

Pada interferometer Michelson, pemecah sinar memecahkan sumber radiasi dengan panjang gelombang tunggal menjadi dua sinar. Setelah itu satu sinar direfleksikan oleh cermin tetap dengan jalan kecil tetap yang panjang sedangkan sinar lainnya akan direfleksikan oleh cermin yang berpindah-pindah sejauh jarak Δl . Sehingga cermin yang berpindah dapat merefleksikan sinar kedua dengan fasa yang spesifik dengan mempengaruhi sinar yang pertama, dan fasa berubah sebagai fungsi dari posisi cermin. Perbedaan panjang jalur disebut sebagai perbedaan jalur optik atau retardasi. Lokasi cermin dimana kedua sinar berjalan pada panjang jalur yang sama yang diketahui sebagai selisih jalur nol. Kedua sinar bergabung pada pemecah sinar dan kemudian berinterferensi dengan konstruktif dan destruktif.

Interferensi konstruktif terjadi apabila selisih jalur optik pada dua cermin sama dengan $n\lambda$, dengan n adalah bilangan bulat. Sedangkan interferensi destruktif akan terjadi apabila selisih jalur optik pada dua cermin sama dengan $n\lambda/2$, dengan n adalah bilangan ganjil.

Hasil FTIR dari lapisan tipis a-Si:H dapat ditunjukkan pada Gambar 2.6. Dalam pola grafik FTIR, pada lapisan tipis a-Si:H yang dihasilkan dari proses deposisi menunjukkan adanya beberapa ikatan atom seperti Si-H, Si-H₂, Si-H₂/(Si-H₂)_n/ (Si-H₃)_n. Dengan karakterisasi FTIR dapat diketahui ikatan-ikatan molekul

apa saja yang menyusun lapisan tipis a-Si:H hasil deposisi dengan metode PECVD.



Gambar 2.7 grafik FTIR Lapisan Tipis a-Si:H (L.Gau dkk., 2012)

FTIR spektrometer mempunyai banyak keuntungan dibandingkan kebanyakan spektrometer yang lain, tetapi keuntungan terpenting dari spektrometer FTIR adalah:

- Mempunyai rasio sinyal-suara lebih tinggi untuk rekaman spektrum pada ukuran waktu yang sama
- Mempunyai keakuratan ukuran frekuensi lebih tinggi.

(Neena Jaggi dan D.R Vij, 2010)

2.5.4 UV-Vis Spectrophotometry

Peralatan yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer. Spektrofotometer merupakan alat untuk mengukur transmittan atau absorbansi suatu sampel bahan sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrofotometer UV-Vis merupakan

instrumen yang digunakan untuk mengukur interaksi materi dengan energi yang berasal dari sinar UV dan cahaya tampak. Oleh karenanya, spektrofotometer UV-Vis merupakan gabungan dari spektrofotometer UV dan spektrofotometer *Visible*. Baik spektrofotometer UV maupun spektrofotometer Vis termasuk spektrofotometer berkas tunggal, sedangkan spektrofotometer UV-Vis termasuk dalam berkas ganda. Daerah spektrum elektromagnetik untuk sinar UV adalah berada pada besar 10 nm hingga 350 nm, sedangkan untuk cahaya tampak berada pada 350 nm hingga 770 nm..

Spektrofotometer UV-Vis menggunakan sumber cahaya yang berbeda, yaitu sumber cahaya UV dan sumber cahaya tampak. Sumber cahaya yang digunakan adalah kombinasi antara lampu tungsten halogen dan lampu deuterium (D_2). Lampu tungsten halogen menghasilkan cahaya tampak dalam daerah panjang gelombang 350-800 nm. Lampu tersebut terbuat dari tabung kuarsa yang berisi filamen tungsten dan sejumlah kecil *iodine*. Lampu deuterium mampu menghasilkan cahaya dalam daerah 160-380 nm. Namun beberapa spektrofotometer kini yang digunakan hanya menggunakan satu lampu sebagai sumber cahaya. Lampu yang digunakan sebagai sumber cahaya yaitu *photodiode* yang telah dilengkapi monokromator.

Lebar celah pita energi (E_g) dapat dihitung menggunakan metode *absorbance edge* berdasarkan grafik absorbansi yang dihasilkan dari UV Vis Spektrofotometri. Grafik tersebut digunakan untuk menghitung besar *wavelength* (λ_c) menggunakan regresi linier. Persamaan yang digunakan untuk menghitung lebar celah pita energi adalah sebagai berikut :

$$E_g = \frac{hc}{\lambda_c} \quad (2.2)$$

dengan :

E_g = lebar celah pita energi (Joule atau eV)

h = konstanta Planck ($6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s atau $4,136 \cdot 10^{-15}$ eV.s)

c = kecepatan cahaya di ruang hampa ($2,997 \times 10^8$ m/s)

λ_c = panjang gelombang (m)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat *Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition* (PECVD), pemotong kaca, pipet, tisu, substrat kaca, *holder*, dan komputer untuk analisis sampel. Untuk karakterisasi sampel digunakan alat uji berupa *X-ray Diffractometer* (XRD), *Atomic Force Microscopy* (AFM), *Ultra Violet Visible Spectrometer* (UV-Vis Spectrometer) dan *Fourier Transform Infrared Spectrometer* (FTIR Spectrometer).

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gas Silan (SiH_4), gas Nitrogen (N_2), gas Hidrogen (H_2), alkohol, dan *diwater*.

3.2 Langkah Kerja

Langkah kerja dalam penelitian ini dibagi menjadi empat bagian yaitu persiapan substrat kaca, proses penumbuhan lapisan tipis dengan menggunakan metode *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PECVD) dengan variasi suhu, karakterisasi, serta metode analisis.

3.2.1 Persiapan Substrat Kaca

Penelitian ini menggunakan bahan kaca yang digunakan sebagai substrat untuk penumbuhan lapisan tipis silikon amorf terhidrogenasi (a-Si:H). Jenis kaca yang digunakan yaitu kaca SiC. Sebelum digunakan, substrat kaca dipotong terlebih dahulu dengan ukuran $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Selanjutnya substrat kaca dibersihkan dengan menggunakan larutan alkohol 15%, kemudian dikeringkan dengan menggunakan tisu. Setelah itu, substrat kaca

dibersihkan kembali dengan menggunakan cairan *diwater* agar tidak ada kotoran maupun debu yang menempel pada substrat kaca tersebut. Setelah dibersihkan, substrat kaca dikeringkan kembali dengan menggunakan tisyu instrumen. Kemudian substrat kaca diletakkan ke dalam *holder* yang sebelumnya juga telah dibersihkan dengan alkohol dan *diwater*.

3.2.2 Proses Penumbuhan Lapisan Tipis

Proses penumbuhan lapisan tipis a-Si:H menggunakan metode *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PECVD) dengan variasi suhu 150°C, 200°C, dan 250°C.

Tahap pertama yang dilakukan sebelum melakukan penumbuhan lapisan tipis adalah disiapkan kaca yang telah dibersihkan sebagai substrat untuk penumbuhan lapisan tipis. Setelah itu, substrat kaca dimasukkan ke dalam *homeroom* PECVD. Sebelum dimasukkan ke dalam ruang penumbuhan lapisan tipis, pada PL 4 diatur suhu saat penumbuhan lapisan tipis 150°C dan tekanan chamber sebesar 2 Torr. Setelah itu ditunggu terlebih dahulu agar ruang penumbuhan lapisan tipis mencapai suhu 150°C. Setelah PL4 mencapai suhu 150°C, substrat kaca dimasukkan ke dalam ruang tersebut dengan menggunakan *remote*. Setelah itu diatur laju aliran SiH₄ sebesar 2,5 sccm, laju aliran H₂ sebesar 90 sccm, dan daya rF (*Radio Frequency*) sebesar 5 Watt. Proses penumbuhan lapisan tipis mulai terjadi ketika mulai muncul plasma pada ruang PL4. Proses penumbuhan lapisan tipis dilakukan selama 1 jam. Setelah satu jam, sampel dikeluarkan dari PL4 menuju *homeroom* terlebih dahulu. Setelah itu, sampel dikeluarkan dari alat PECVD. Langkah yang sama juga dilakukan untuk variasi suhu 200°C dan 250°C. Hasil yang diperoleh berupa lapisan tipis yang berwarna kecoklatan diatas substrat kaca. Dalam penelitian ini diperoleh tiga sampel.



Gambar 3.1 Alat Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD) di Laboratorium PECVD di LPPM ITS.

3.2.3 Proses Karakterisasi

Hasil lapisan tipis a-Si:H yang telah ditumbuhkan pada substrat kaca berukuran $10 \times 10 \text{ cm}^2$ kemudian dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil untuk dilakukan karakterisasi. Karakterisasi yang dilakukan antara lain dengan uji UV-Vis (*Ultra Violet Visible*), uji XRD (*X-Ray Diffractometer*), uji AFM (*Atomic Force Microscopy*), dan uji FTIR (*Fourier Transform Infrared*).

Karakterisasi pertama yang dilakukan pada penelitian ini yaitu uji UV-Vis (*Ultra Violet Visible*). Pada uji UV-Vis diperoleh data puncak penyerapan sinar UV (absorbansi) dan sinar tampak sebagai fungsi panjang gelombang. Pengujian sampel dengan menggunakan peralatan UV-Vis ini bertujuan

untuk mengetahui lebar celah pita energi. Spektrophotometer UV-Vis yang digunakan yaitu Genesys 10S UV-Vis v4.003 2L9P286007. Pengujian dilakukan di Laboratorium Zat Padat Jurusan Fisika, ITS dalam rentang panjang gelombang 200nm sampai dengan 1000nm.

Selanjutnya dilakukan pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk mengetahui gugus fungsi serta ikatan kimia yang terbentuk di dalam sampel. Pengujian FTIR ini dilakukan di laboratorium karakterisasi Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pada karakterisasi dengan menggunakan FTIR didapatkan data berupa grafik transmitansi cahaya terhadap panjang gelombang. Rentang panjang gelombang yang digunakan dalam pengujian yaitu antara 500 cm^{-1} sampai dengan 4000 cm^{-1} .

Untuk mengetahui morfologi dari sampel dilakukan uji AFM (*Atomic Force Microscopy*). Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. AFM yang digunakan adalah

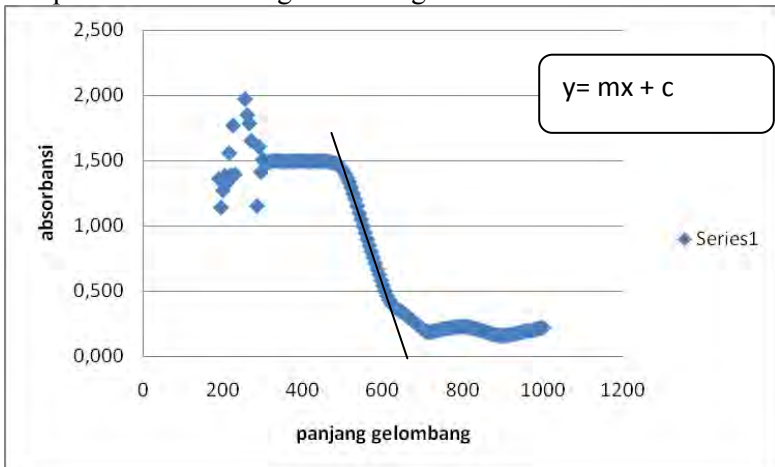
Untuk mengetahui apakah Si:H yang dihasilkan berbentuk amorf atau kristal, dilakukan uji XRD (*X-Ray Diffractometer*). Radiasi yang digunakan dalam pada uji XRD ini yaitu radiasi Cu-K α dengan panjang gelombang sinar-X 1,54060 Å dan sudut antara 5^0 sampai 60^0 . Pengujian XRD dilakukan di Laboratorium Karakterisa Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya menggunakan difraktometer sinar-X merk PHILIPS dengan tipe Xpert MPD.

3.3 Metode Analisis

Terdapat dua metode analisis dalam penelitian ini yaitu analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kuantitatif meliputi identifikasi lebar celah pita energi serta identifikasi ketebalan lapisan tipis a-Si:H. Sementara analisis kualitatif meliputi identifikasi morfologi struktur, analisis gugus fungsi senyawa serta analisis struktur kristal yang terbentuk.

Analisis bentuk morfologi struktur lapisan tipis a-Si:H dapat diketahui melalui uji AFM (*Atomic Force Microscopy*).

Sementara untuk mengetahui lebar celah pita energi dari hasil grafik *UV-Vis Spectrophotometry* menggunakan persamaan energi foton. Untuk nilai panjang gelombang dicari dengan menggunakan metode *absorbance edge* dengan cara mengolah data absorbansi yang diperoleh dari pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Lebar celah pita energi didapatkan dari hasil regresi linier grafik tersebut.



Gambar 3.2 Grafik regresi linier hasil pengujian UV-Vis Spektrofotometri lapisan tipis a-Si:H.

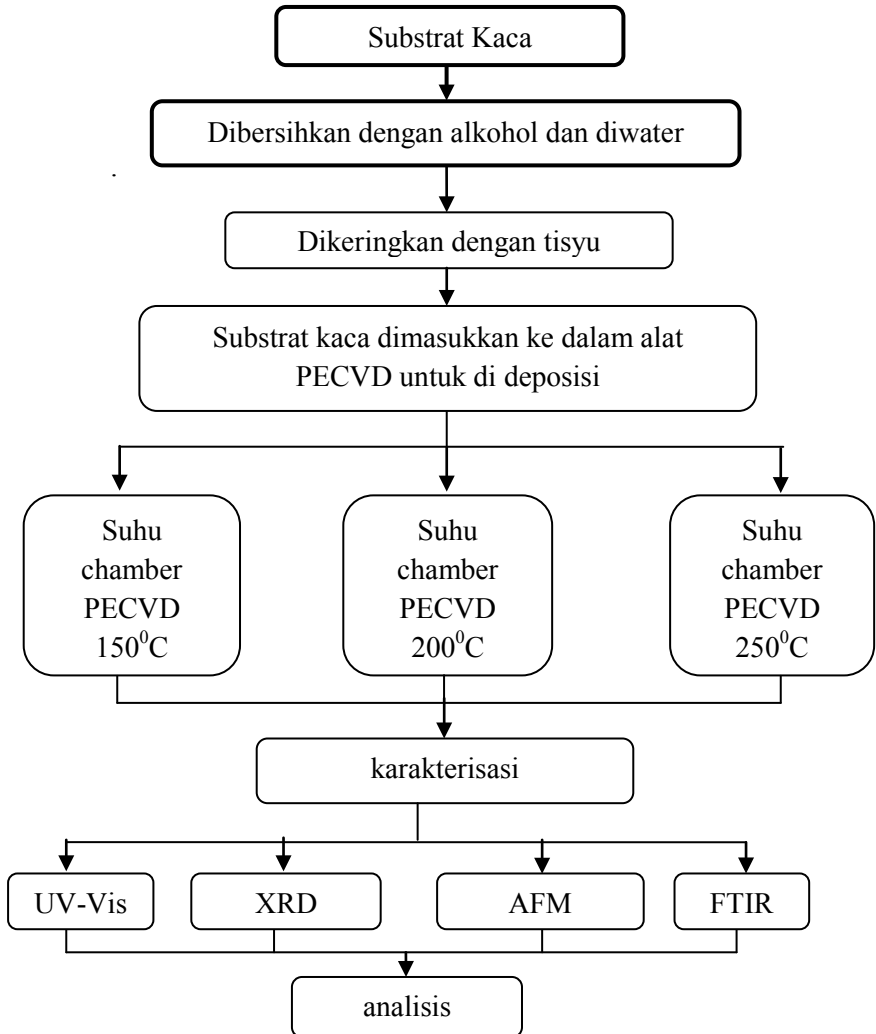
Berdasarkan metode *absorbance edge* seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas, maka didapatkan nilai panjang gelombang. Persamaan 2.2 digunakan untuk menghitung nilai lebar celah pita energi. Dengan memasukkan seluruh variabel yang telah diketahui besarnya, maka akan didapatkan nilai lebar celah pita energi.

Analisis gugus fungsi atau ikatan apa saja yang terdapat dalam suatu material dapat diketahui dengan melakukan uji FTIR yang berupa puncak-puncak transmitansi infra merah dari ikatan yang terbentuk.

Untuk mengetahui apakah lapisan tipis Si:H yang dihasilkan berbentuk amorf atau kristal, maka digunakan analisis X'Pert HighScore plus berdasarkan hasil XRD yang telah diperoleh.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Lapisan Tipis a-Si:H

Penelitian ini menggunakan bahan dasar berupa gas SiH_4 dan gas Hidrogen (H_2). Selanjutnya SiH_4 dan H_2 akan ditumbuhkan diatas substrat kaca sehingga terbentuk lapisan tipis Si:H (silikon terhidrogenasi). Penumbuhan lapisan tipis (deposisi) ini menggunakan metode *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PECVD) dengan variasi suhu saat deposisi sebesar 150°C , 200°C , 250°C . Digunakannya variasi suhu ini bertujuan untuk mengetahui adanya perubahan tingkat kekristalan, ikatan molekul, tebal lapisan serta lebar celah pita optik yang terbentuk akibat kenaikan suhu saat proses deposisi.

Di dalam proses PECVD, gas SiH_4 dan gas H_2 diubah menjadi plasma melalui tumbukan inelastik antara molekul gas dengan elektron di dalam *chamber discharge*. Tumbukan inelastik antara molekul gas dengan elektron menimbulkan molekul baru yang sangat reaktif. Molekul yang sangat reaktif inilah yang ditumbuhkan (deposisi) diatas substrat kaca dengan temperatur chamber yang rendah. Gas SiH_4 yang bereaksi dengan molekul yang sangat reaktif dapat membentuk berbagai macam molekul antara lain SiH , SiH_2 , SiH_3 , Si_2H_6 , H_2 dan masih banyak lagi. Untuk mengetahui molekul yang terbentuk dari lapisan tipis yang dideposisi dengan metode PECVD, dapat dilakukan dengan mengidentifikasi ikatan-ikatan molekulnya melalui pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared*).



(a)



(b)



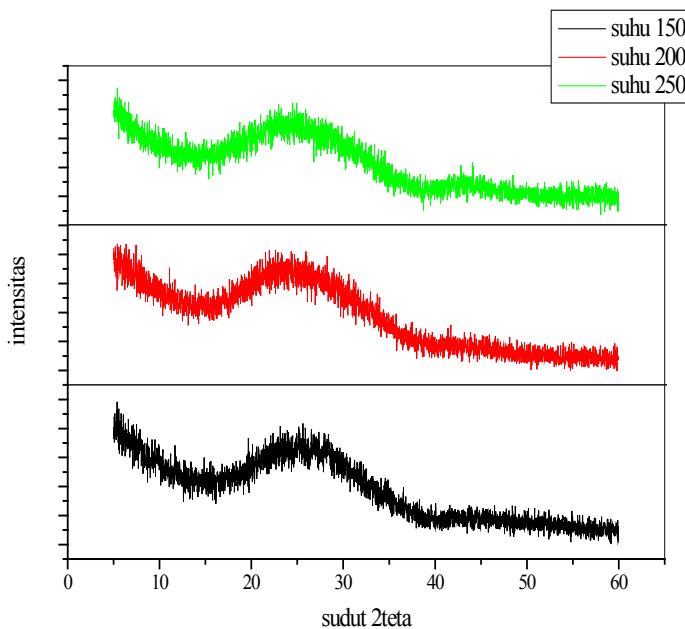
(c)

Gambar 4.1 Hasil deposisi SiH dengan masing-masing suhu
(a) 150°C (b) 200°C (c) 250°C

4.2 Analisis Struktur Kristal

Untuk mengetahui struktur kristal dan berapa persen tingkat kekristalan dari sampel lapisan tipis Si:H yang telah ditumbuhkan dengan metode PECVD, dilakukan pengujian X-

Ray Diffraction (XRD) di Laboratorium Divisi Karakterisasi Material jurusan Teknik Material dan Metalurgi. Lapisan tipis Si:H yang ditumbuhkan diatas substrat kaca dengan variasi temperatur saat proses penumbuhan (deposisi) dikarakterisasi XRD dengan menggunakan rentang sudut pendek $2\theta = 5^\circ - 60^\circ$ dan panjang gelombang $1,54060\text{\AA}$. Hasil pola difraksi dari penumbuhan lapisan tipis a-Si:H dengan suhu masing-masing 150°C , 200°C , 250°C dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Pola difraksi lapisan tipis Si:H

Pola difraksi yang dihasilkan dari uji XRD untuk ketiga sampel membentuk punuk-punuk, tidak muncul puncak yang signifikan sama sekali. Berdasarkan pola difraksi yang terbentuk tersebut dapat diindikasikan lapisan tipis Si:H yang dihasilkan

dari proses deposisi dengan metode PECVD berbentuk amorf. Untuk mengetahui tingkat kekristalan dari lapisan tipis Si:H dapat dilakukan analisis pola difraksi dengan menggunakan software *match!* dan *rietica*.

Berdasarkan analisis dengan menggunakan software *match!* dan *rietica* diketahui bahwa tidak ditemukan puncak-puncak yang ekstrim pada pola difraksi hasil XRD. Hal ini membuktikan bahwa lapisan tipis yang dihasilkan berbentuk amorf. Selain itu, berdasarkan analisis *rietveld*, diketahui ukuran kekristalan dari lapisan tipis yang ditumbuhkan dengan suhu chamber 150°C, 200°C, dan 250°C masing-masing sebesar 2,49%, 2,53%, 3,94%. Berdasarkan ukuran kekristalan yang sangat kecil tersebut bisa diasumsikan jika lapisan tipis yang terbentuk berbentuk amorf.

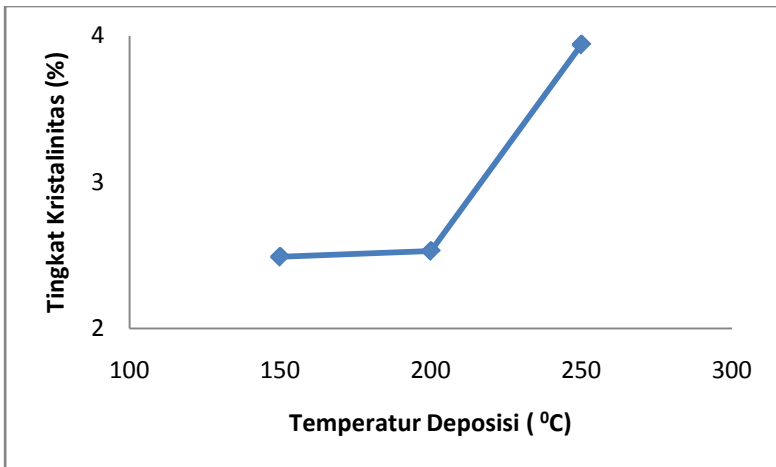
Tabel 4.1 Tingkat Kristalinitas Lapisan Tipis S:H

Temperatur Deposisi (Celcius)	Tingkat Kristalinitas (%)
150 ⁰ C	2,49
200 ⁰ C	2,53
250 ⁰ C	3,94

Pada silikon amorf terhidrogenasi terdapat ikatan dangle bond antara Si dan H. Ikatan ini terjadi akibat adanya vakansi di dalam struktur kristal silikon amorf yang kemudian vakansi tersebut diisi oleh atom hidrogen. Semakin banyak hidrogen yang terikat pada silikon amorf, semakin besar tingkat kristalinitas dari lapisan tipis tersebut.

Ukuran kekristalan dari lapisan tipis naik seiring dengan kenaikan suhu, seperti yang ditunjukkan pada gambar (4.3) berikut. Hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu pada chamber saat dilakukan deposisi maka semakin cepat tumbukan inelastik yang dialami elektron dan SiH₄, sehingga reaksi yang terjadi

semakin cepat yang mengakibatkan penumbuhan ukuran butir dalam sampel tersebut meningkat.



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Kenaikan Suhu Deposisi dengan Tingkat Kristalinitas a-Si:H

4.3 Analisis Ikatan Gugus Fungsi

Untuk mengidentifikasi ikatan gugus fungsi suatu material organik maupun anorganik dapat menggunakan salah satu alat spektroskopi yaitu *Fourier Transform Infrared* (FTIR). FTIR merupakan salah satu alat spektroskopi yang menggunakan metode transformasi fourier untuk mengukur vibrasi molekul yang disebabkan adanya resapan spektrum inframerah yang dipancarkan dari sumber menuju material uji pada berbagai bilangan gelombang. Keluaran yang diperoleh dari spektroskopi FTIR berupa grafik pola puncak-puncak interaksi setiap molekul dalam material uji yang menyerap energi dari spektrum inframerah yang ditunjukkan dengan grafik hubungan prosentase transmitansi (%T) terhadap bilangan gelombang (cm^{-1}). Masing-masing atom molekul yang berikatan memiliki nilai resapan

energi inframerah yang berbeda-beda. Selain untuk mengetahui ikatan molekuler yang terbentuk, hasil pengujian FTIR dapat juga digunakan untuk mengetahui konsentrasi hidrogen yang terdapat pada sampel.

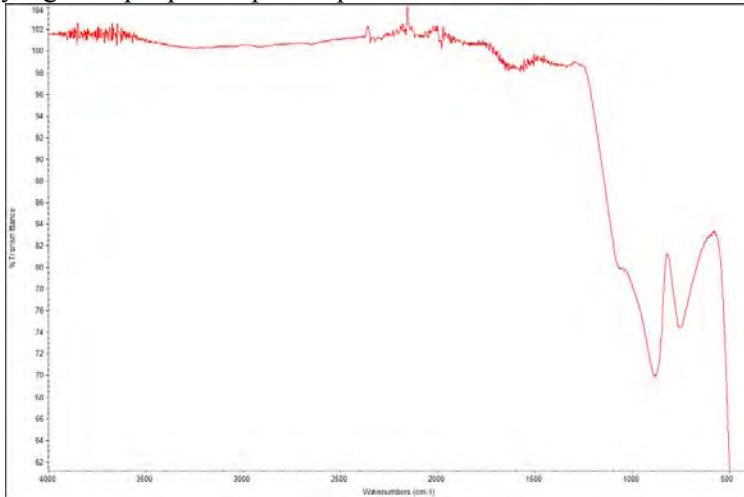
Pengujian FTIR ini dilakukan pada ketiga sampel lapisan tipis Si:H yang dideposisi dengan suhu 150°C, 200°C, 250°C. Pola grafik spektrum inframerah dari masing-masing sampel lapisan tipis SiH disosokkan dengan pola grafik spektrum inframerah dari data sekunder lapisan tipis a-Si:H referensi. Pengujian FTIR ini dilakukan dengan bilangan gelombang mulai 500 cm⁻¹ sampai dengan 4000 cm⁻¹. Dengan menggunakan tabel referensi pada Tabel 4.2, dapat ditentukan ikatan molekuler apa saja yang terbentuk pada lapisan tipis a-Si:H

Tabel 4.2. Puncak intensitas dan struktur kimia referensi

$k \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	Struktur Kimia	Keterangan
600-650	Si-H	<i>Wagging/ Rocking</i>
~667	Si-H	-
620-795	Si-O ₂	<i>Crystobalite</i>
970	Si-O-Si	-
1000-1130	Si-O-Si	<i>Asymmetric Stretching</i>
1080-1110	SiO ₂	-
1083	Si-O-Si	<i>Stretching</i>
~2000	Si-H	<i>Stretching</i>
~2150	Si-H ₂ / (Si-H ₂) _n / (Si-H ₃) _n	<i>Stretching</i>

Untuk mengetahui ikatan molekuler yang terbentuk pada lapisan tipis, sebelumnya dilakukan pengujian pada kaca yang

digunakan sebagai substrat. Hal ini dilakukan untuk membedakan ikatan mana yang terdapat pada substrat kaca dan ikatan mana yang terdapat pada lapisan tipis.



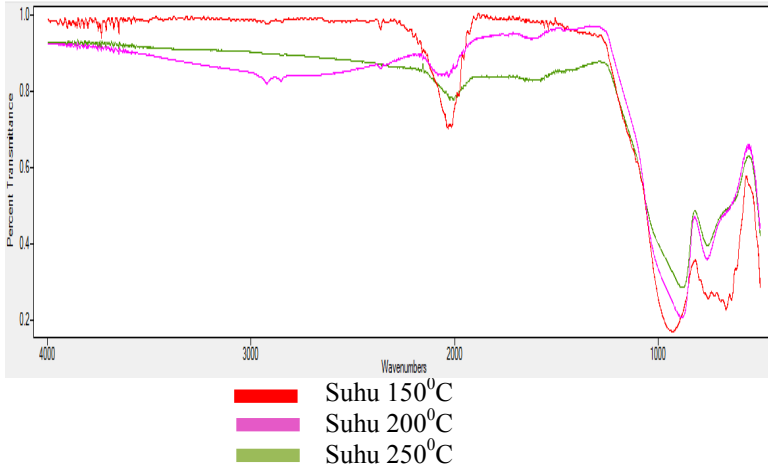
Gambar 4.4 Grafik hasil FTIR substrat kaca

Berdasarkan analisis dengan menggunakan data sekunder, dapat diketahui bahwa ikatan molekul yang terdapat pada substrat kaca dapat dilihat pada tabel dibawah ini;

Tabel 4.3 Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk saat pengujian FTIR pada substrat kaca

Bilangan Gelombang	Tinggi Puncak Intensitas	Ikatan Molekul
753,58	0,128	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
757,43	0,128	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
883,75	0,156	Si-O-Si
1065,5232	0,098	Si-O-Si (<i>Asymmetric Stretching</i>)

Uji FTIR pada substrat kaca tersebut, kemudian dibandingkan dengan hasil uji FTIR pada sampel yang telah diperoleh. Hal ini untuk membedakan ikatan molekul yang terbentuk antara substrat kaca dengan ikatan molekul pada lapisan tipis a-Si:H. Berikut ini adalah hasil FTIR pada ketiga sampel yang diperoleh dari hasil deposisi:



Gambar 4.5 Grafik hasil FTIR lapisan tipis SiH

Hasil grafik pola spektrum inframerah hasil resapan pada lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 150⁰C dapat ditunjukkan pada Gambar 4.3. Berdasarkan Gambar 4.3, pada lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 150⁰C terdapat ikatan-ikatan gugus fungsi. Puncak serapan spektrum inframerah pada lapisan tipis a-SiH yang dideposisi dengan suhu 150⁰C berada pada bilangan gelombang 617.6178 cm⁻¹; 640.7603 cm⁻¹; 667.7600 cm⁻¹; 691.8669 cm⁻¹; 753.5804 cm⁻¹; 1978.2089 cm⁻¹. Dari puncak-puncak serapan inframerah tersebut dapat diidentifikasi bahwa pada lapisan tipis Si:H yang dideposisi dengan metode PECVD pada suhu 150⁰C terdapat ikatan-ikatan Si-H (*wagging*) yang mengalami tekukan pada bilangan gelombang 617.6178 cm⁻¹; 640.7603 cm⁻¹; dan 667.7600 cm⁻¹.

Selain ikatan molekul Si-H yang mengalami regangan, pada hasil deposisi lapisan tipis pada suhu 150°C terdapat pula ikatan molekul Si-O₂ yang mempunyai fasa kristobalit pada panjang bilangan gelombang 691.8669 cm^{-1} dan 753.5804 cm^{-1} , dan juga terdapat ikatan Si-H yang mengalami regangan pada panjang gelombang 1978.2089 cm^{-1} . Ikatan molekul SiO₂ yang terdapat pada sampel pertama ini, diindikasikan terdapat pada substrat kaca

Hasil FTIR lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 200°C ditunjukkan pada Gambar 4.3. Pada grafik tersebut, dapat diidentifikasi bahwa lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 200°C mempunyai ikatan molekul Si-H yang mengalami tekukan pada bilangan gelombang 568.4329 cm^{-1} ; 579.0468 cm^{-1} ; dan 583.8682 cm^{-1} . Selain itu terdapat pula ikatan SiO₂ pada bilangan gelombang 670.1707 cm^{-1} , ikatan molekul Si-H₂ yang mengalami tekukan pada bilangan gelombang 879.9004 cm^{-1} , serta ikatan molekul Si-H yang mengalami regangan (*stretching*) pada bilangan gelombang 2014.3692 cm^{-1} ; $2851.63593\text{ cm}^{-1}$ dan 2921.7513 cm^{-1} .

Untuk hasil resapan inframerah lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 250°C ditunjukkan oleh Gambar 4.3. berdasarkan grafik tersebut dapat diidentifikasi bahwa terdapat ikatan molekul Si-H₂, SiO₂ dan ikatan molekul Si-H yang mengalami regangan. Ikatan-ikatan molekul tersebut dapat diketahui berdasarkan puncak-puncak resapan inframerah dari grafik FTIR. Ikatan molekul Si-H₂ dapat diidentifikasi berdasarkan puncak resapan energi inframerah oleh lapisan tipis pada bilangan gelombang 1976.7625 cm^{-1} ; 1982.5481 cm^{-1} ; 2007.6192 cm^{-1} ; dan 2023.5298 cm^{-1}

Dari ketiga hasil FTIR diatas, diidentifikasi bahwa terdapat ikatan molekul SiO₂. Ikatan ini berasal dari ikatan molekul yang terdapat pada substrat kaca. Berdasarkan ketiga hasil FTIR dari lapisan tipis tersebut dapat dilihat bahwa puncak resapan inframerah terjadi pada bilangan gelombang yang hampir sama. Namun puncak intensitasnya naik seiring dengan adanya

kenaikan temperatur substrat saat deposisi, sehingga dapat diindikasikan bahwa banyaknya molekul yang terbentuk semakin bertambah. Selain itu, hal ini juga menunjukkan bahwa suhu deposisi tidak mempengaruhi jenis ikatan molekul yang terbentuk.

Berdasarkan data sekunder yang ada, ketiga hasil FTIR diatas menunjukkan bahwa pola grafik FTIR yang dihasilkan dari hasil deposisi lapisan tipis dengan metode PECVD membentuk lapisan tipis SiH. Jika dikaitkan dengan hasil XRD dapat diidentifikasi bahwa lapisan tipis yang terbentuk adalah SiH yang bersifat amorf yang sering disebut sebagai a-Si:H (silikon amorf terhidrogenasi).

Tabel 4.4 Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 150°C

Bilangan Gelombang	Tinggi Puncak Intensitas	Ikatan Molekul
617,62	0,479	Si-H (<i>Wagging</i>)
640,76	0,600	Si-H (<i>Wagging</i>)
667,76	0,650	Si-H
691,86	0,605	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
753,58	0,596	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
1978,20	0,104	Si-H ₂ / (Si-H ₂) _n / (Si-H ₃) _n (<i>Stretching</i>)

Tabel 4.5 Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 200°C

Bilangan Gelombang	Tinggi Puncak Intensitas	Ikatan Molekul
568,4329	0,192	Si-H
579,0468	0,207	Si-H
583,8682	0,214	Si-H
670,1707	0,323	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
879,9004	0,686	Si-H ₂
2014,3692	0,071	Si-H (<i>Stretching</i>)
2851,3593	0,083	Si-H ₂ / (Si-H ₂) _n / (Si-H ₃) _n (<i>Stretching</i>)
2921,7513	0,086	Si-H ₂ / (Si-H ₂) _n / (Si-H ₃) _n (<i>Stretching</i>)

Tabel 4.6 Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 250°C

Bilangan Gelombang	Tinggi Puncak Intensitas	Ikatan Molekul
760,33	0,405	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
877,01	0,546	Si-H ₂
1976,76	0,100	Si-H (<i>Stretching</i>)
1982,55	0,104	Si-H (<i>Stretching</i>)

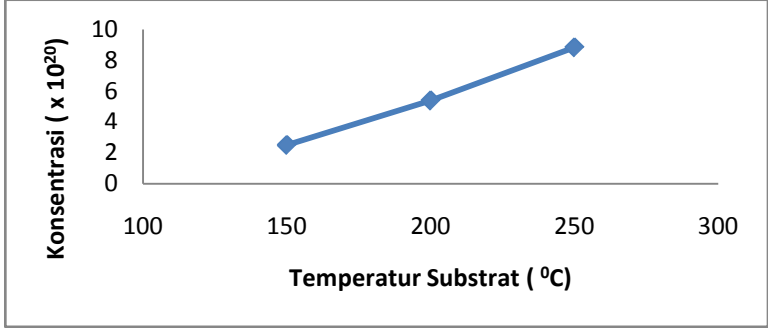
2007,62	0,110	Si-H (<i>Stretching</i>)
2023,53	0,109	Si-H (<i>Stretching</i>)

Selain untuk menentukan jenis ikatan molekul pada lapisan tipis a-Si:H, hasil pengujian FTIR dapat juga digunakan untuk menentukan besar konsentrasi hidrogen yang terbentuk pada lapisan tipis tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa konsentrasi hidrogen yang terbentuk pada lapisan tipis naik seiring dengan adanya kenaikan temperatur substrat saat deposisi. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan konsentrasi hidrogen pada lapisan Si:H

Tabel 4.7 Pengaruh Temperatur Deposisi Terhadap Konsentrasi Hidrogen

Temperatur Substrat	Konsentrasi Hidrogen
150 ⁰ C	2,50 x 10 ²⁰
200 ⁰ C	5,38 x 10 ²⁰
250 ⁰ C	8,83 x 10 ²⁰

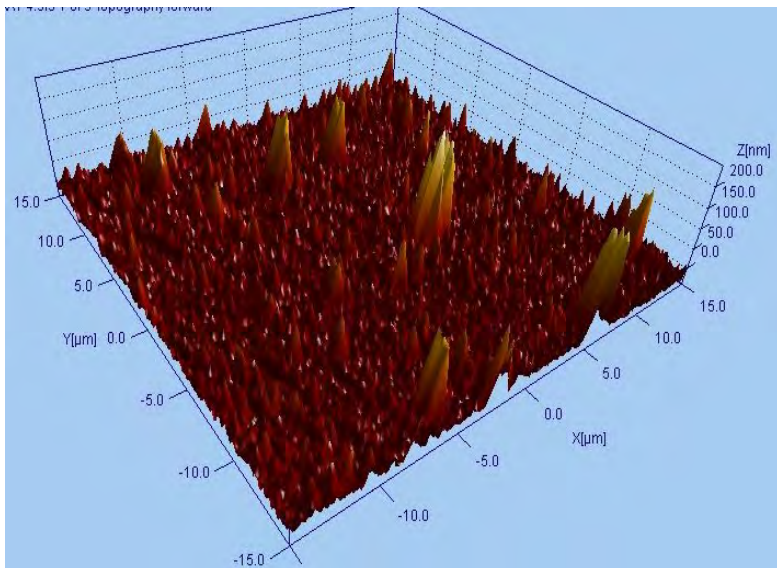
Untuk mengetahui kenaikan tingkat konsentrasi hidrogen, dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



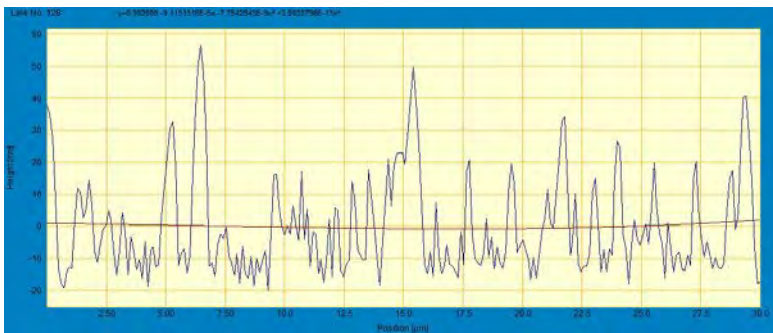
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Temperatur Substrat Terhadap Konsentrasi Hidrogen

4.4 Analisis Morfologi Lapisan Tipis

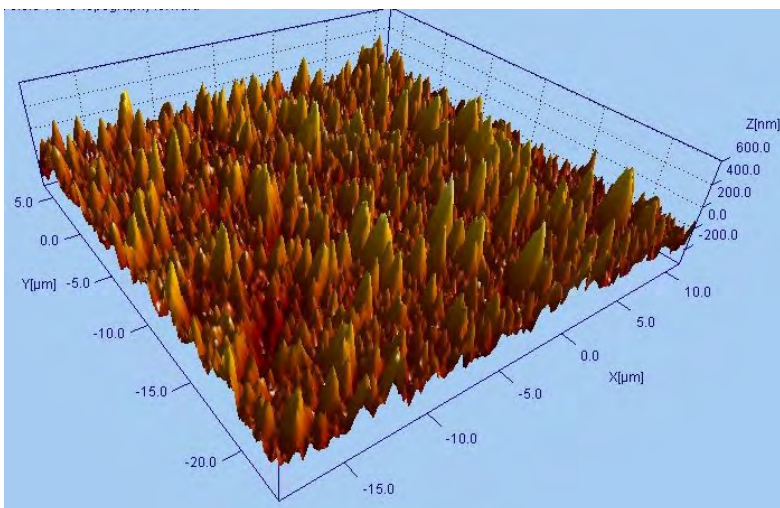
Untuk mengetahui bentuk morfologi dan ketebalan dari lapisan tipis SiH yang dihasilkan dari proses deposisi menggunakan metode PECVD dilakukan karakterisasi AFM (*Atomic Force Microscopy*) di laboratorium karakterisasi LPPM ITS. Hasil yang diperoleh dari pengujian AFM berupa gambar morfologi dari lapisan tipis yang berbentuk tiga dimensi. Selain mengetahui morfologi permukaan dari lapisan tipis a-Si:H, pengujian AFM juga dapat digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan a-Si:H yang terbentuk. Pengujian AFM ini dilakukan untuk ketiga sampel lapisan tipis. Berikut ini adalah foto dari hasil pengujian AFM



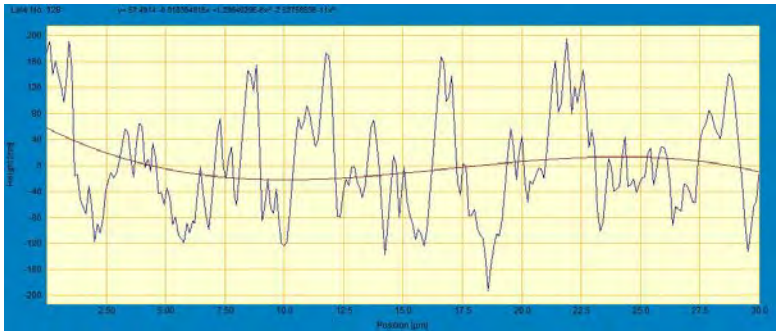
Gambar 4.7 Hasil Uji AFM lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 150⁰C



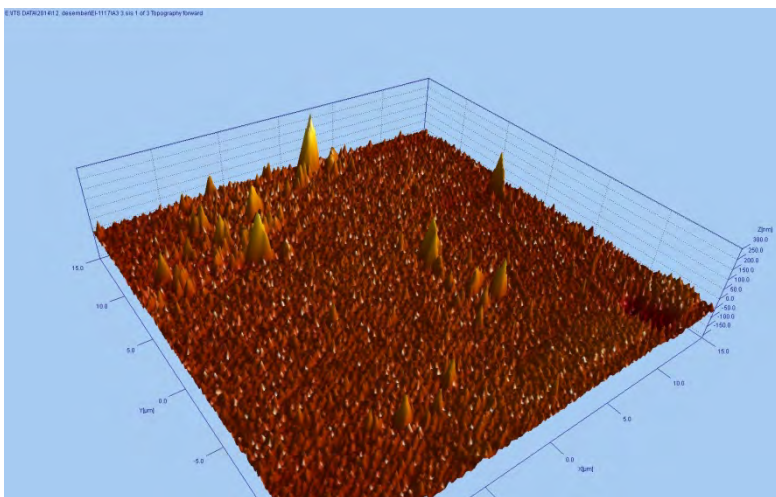
Gambar 4.8 Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 150°C Berdasarkan Hasil Uji AFM



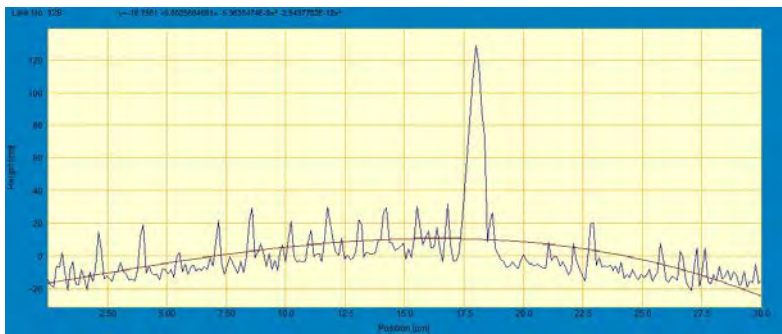
Gambar 4.9 Hasil Uji AFM lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 200°C



Gambar 4.10 Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 200°C Berdasarkan Hasil Uji AFM



Gambar 4.11 Hasil Uji AFM lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 250°C



Gambar 4.12 Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 250⁰C Berdasarkan Hasil Uji AFM

Berdasarkan sebaran puncak lapisan tipis hasil uji AFM yang ditunjukkan pada gambar (4.7), gambar (4.9) dan gambar (4.11), dapat diidentifikasi tebal lapisan tipis a-Si:H yang dihasilkan dari proses deposisi dengan metode PECVD. Lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 150⁰C mempunyai ketebalan sebesar 75nm, yang dapat dilihat dari gambar 4.7. sedangkan lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 200⁰C dan 250⁰C masing-masing mempunyai ketebalan 200 nm dan 150 nm.

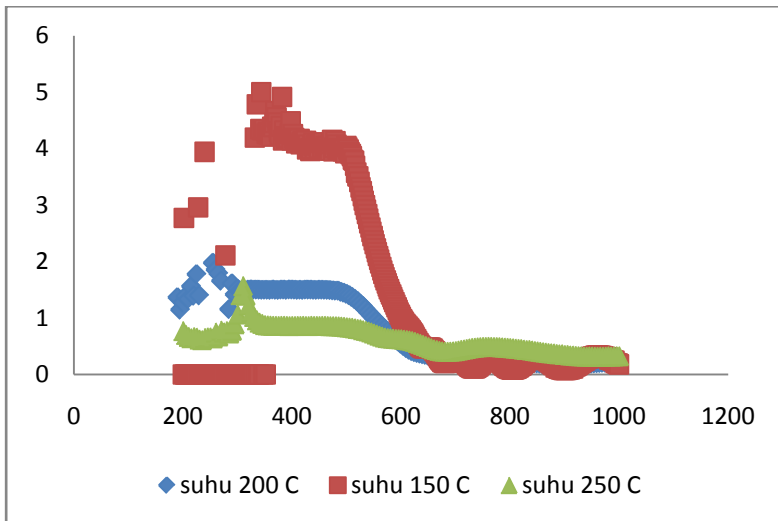
Berdasarkan pengambilan gambar morfologi lapisan tipis yang diambil dari atas, permukaan lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 150⁰C mempunyai permukaan yang lebih kasar dibandingkan permukaan lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 200⁰C dan suhu 250⁰C.

Tabel 4.8 Pengaruh Temperatur Substrat Terhadap Tebal Lapisan Tipis a-Si:H

Temperatur Substrat	Ketebalan Lapisan (nm)
150 ⁰ C	75
200 ⁰ C	200
250 ⁰ C	150

4.5 Analisis Lebar Celah Pita Energi Hasil Uji UV-Vis Spektrofotometri

Untuk mengetahui lebar celah pita energi dari lapisan tipis a-Si:H yang dihasilkan dengan menggunakan metode PECVD, maka dilakukan pengujian UV-Vis (*Ultra Violet Visible*) spektrofotometer di Laboratorium Zat Padat Jurusan Fisika ITS. Sumber cahaya yang digunakan dalam uji UV-Vis ini adalah cahaya tampak dalam rentang panjang gelombang 200nm sampai dengan 1000 nm. Hasil yang didapatkan dari pengujian ini berupa grafik antara panjang gelombang terhadap absorbansi.



Gambar 4.13 grafik hasil uji UV-Vis Lapisan Tipis a-Si:H

Berdasarkan grafik antara panjang gelombang terhadap absorbansi diatas, dapat ditentukan lebar celah pita energi dari lapisan tipis a-Si:H dengan menggunakan metode *absorbance edge*.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Lebar Celah Pita Energi Lapisan Tipis a-Si:H

No	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Lebar Celah Pita Energi (eV)
1	150	1,89
2	200	1,30
3	250	1,03

Berdasarkan hasil perhitungan lebar celah pita energi dari ketiga lapisan tipis tersebut, dapat diketahui bahwa lapisan tipis yang terbentuk yaitu SiH yang didukung dengan data XRD yang menunjukkan bahwa lapisan tipis tersebut berbentuk amorf. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa lebar celah pita energi dari lapisan tipis a-Si:H sebesar $\sim 1.8\text{eV}$. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur deposisi dapat mempengaruhi lebar celah pita energi yang terbentuk. Berdasarkan tabel (4.9), dapat dikatakan bahwa semakin tinggi temperatur deposisi semakin sempit celah pita energi yang terbentuk. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu deposisi, semakin cepat pergerakan plasma saat proses penumbuhan lapisan tipis. Hal ini menyebabkan semakin tebal lapisan tipis yang terbentuk, sehingga saat diuji dengan UV-Vis banyak cahaya yang terserap oleh sampel.

Selain itu, jika dikaitkan dengan analisis data hasil uji FTIR menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur substrat semakin tinggi pula konsentrasi hidrogen dalam lapisan tipis a-Si:H yang terbentuk. Dengan semakin meningkatnya konsentrasi hidrogen pada lapisan tipis a-Si:H, maka jumlah *dangling bond* yang terbentuk pada lapisan tersebut akan semakin berkurang. Karena *dangling bond* terletak pada pita terlarang, jika jumlahnya semakin berkurang dapat menyebabkan lebar celah pita energi semakin sempit.

Selain itu, jika dikaitkan dengan analisis data XRD menunjukkan bahwa saat temperatur deposisi semakin tinggi

tingkat kekristalan dari lapisan tipis semakin tinggi sehingga menyebabkan lebar celah pita energi semakin kecil. Di dukung pula dengan hasil karakterisasi AFM, dimana semakin tinggi temperatur deposisi semakin tebal lapisan tipis yang terbentuk. Sehingga energi cahaya tampak yang terperangkap (tingkat absorbansi) lapisan tipis semakin tinggi.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan judul “Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Ikatan Molekul dan Lebar Celah pita Energi Lapisan Tipis a-SiH dengan Metode PECVD” maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Tingkat kristalinitas lapisan tipis a-Si:H naik seiring dengan bertambahnya temperatur deposisi
2. Pada lapisan tipis SiH yang dihasilkan dengan metode PECVD terdapat ikatan-ikatan molekul Si-H dan Si-H₂
3. Lebar celah pita energi pada sampel sampel lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan metode PECVD turun seiring dengan bertambahnya temperatur deposisi
4. Nilai lebar celah pita energi lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi diatas substrat kaca dengan metode PECVD berkisar antara 1,03 eV sampai 1,89 eV

5.2. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar dilakukan penelitian untuk variasi deposisi yang berbeda agar didapatkan lapisan tipis dengan lebar celah pita energi yang optimal.
2. Lapisan tipis hasil deposisi ini dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya yang lebih aplikatif. Misalnya untuk membuat sel surya

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

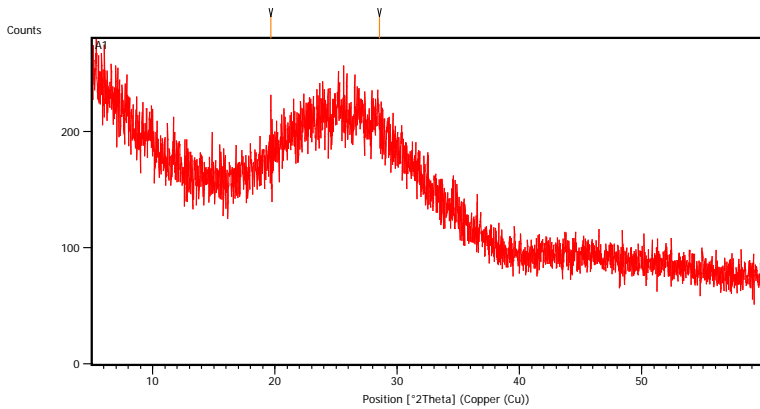
DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Hasil Pengujian XRD lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan variasi suhu59
LAMPIRAN B	Hasil Analisis Kualitatif Menggunakan Software Match! lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan variasi suhu.....61
LAMPIRAN C	Hasil Analisis Ikatan Molekul Lapisan Tipis a-Si:H dengan Menggunakan Software <i>EssentialFTIR</i> Berdasarkan Hasil Pengujian FTIR.....64
LAMPIRAN D	Hasil Pengujian AFM lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan variasi68
LAMPIRAN E	Hasil Analisis Celah Pita Energi Lapisan Tipis a-Si:H dengan Menggunakan Metode Absorbance Edge Berdasarkan Hasil UV-Vis.....71

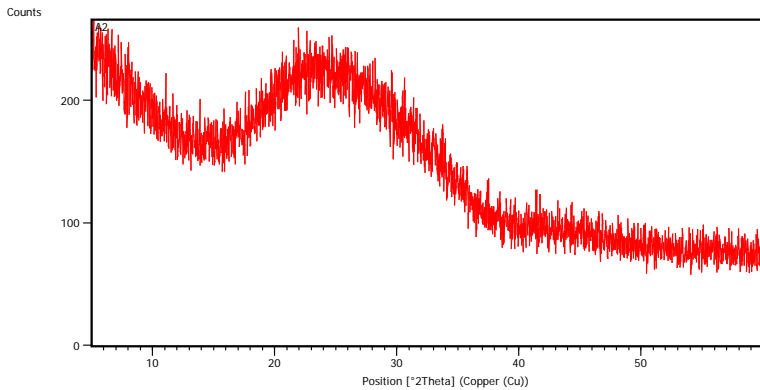
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

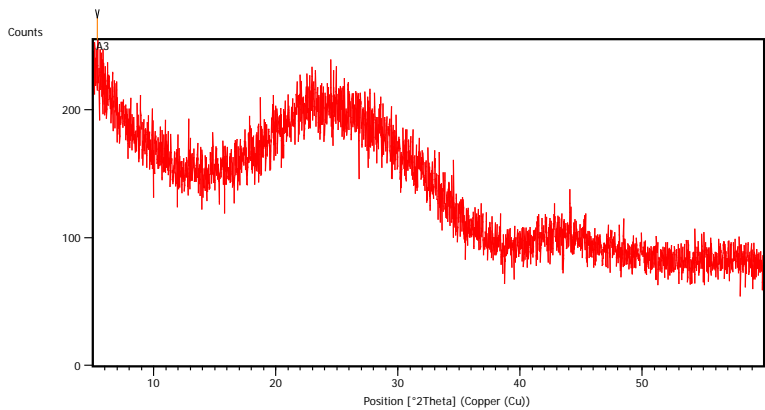
Hasil Pengujian XRD lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan variasi suhu



Gambar 1. Grafik hasil pengujian XRD lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 150°C



Gambar 2. Grafik hasil pengujian XRD lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 200°C

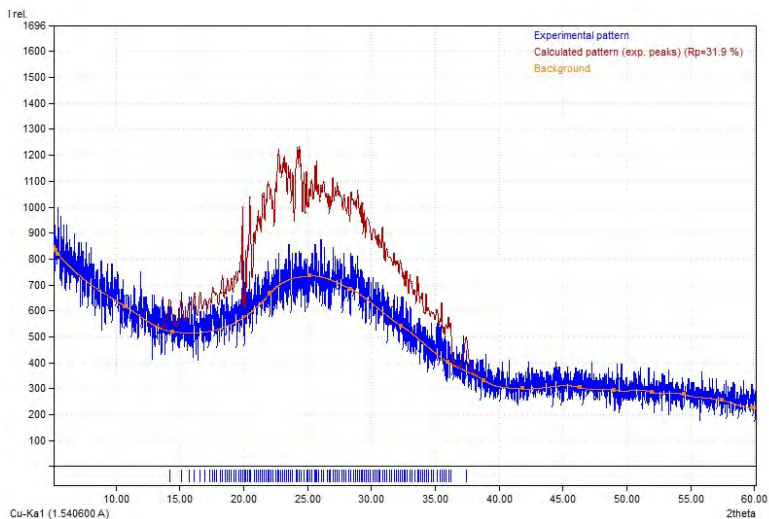


Gambar 3. Grafik hasil pengujian XRD lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 250⁰C

LAMPIRAN B

**Hasil Analisis Tingkat Kristalinitas Lapisan Tipis a-Si:H
yang Dideposisi dengan Variasi Suhu Menggunakan Software
Match!**

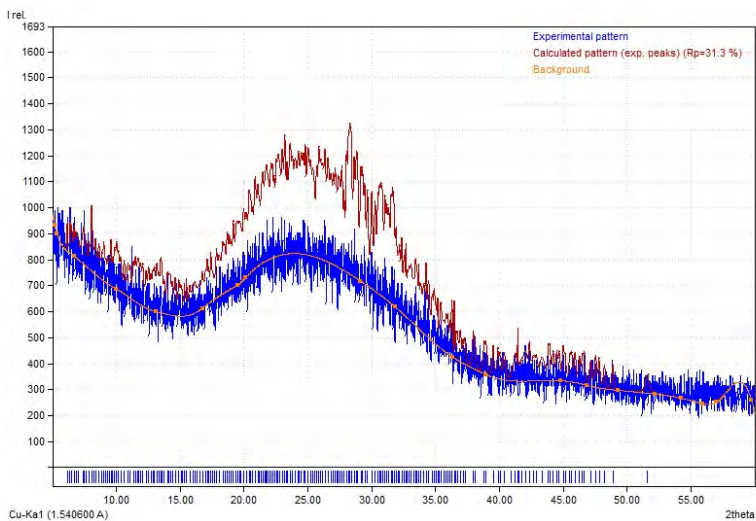
1. Suhu 150°C



Gambar 4 grafik hasil search match XRD lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 150°C

Profil area	counts	Amount
Overall diffraction profile	466671	100%
Background radiation	45505897.	97.51%
Diffraction peaks	11613	2.49%

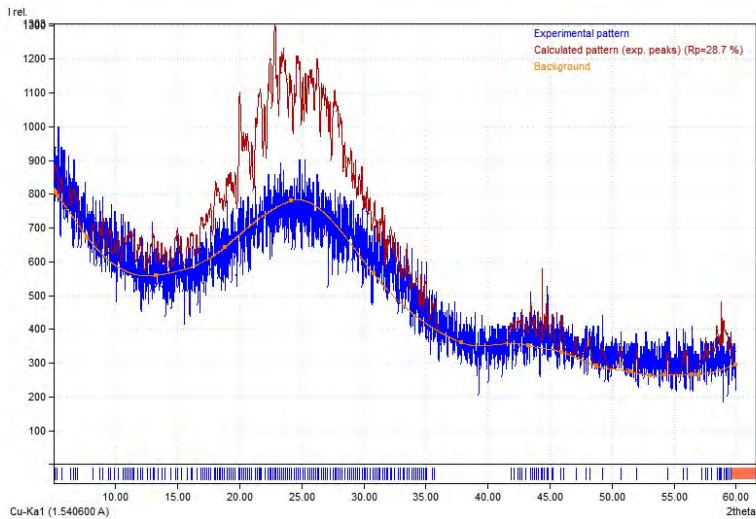
2. Suhu 200⁰C



Gambar 5 grafik hasil search match XRD lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 200⁰C

Profil area	counts	Amount
Overall diffarctiom profile	466671	100%
Background radiation	45505897.	97.47%
Diffraction peaks	11613	2.53%

3. Suhu 250°C



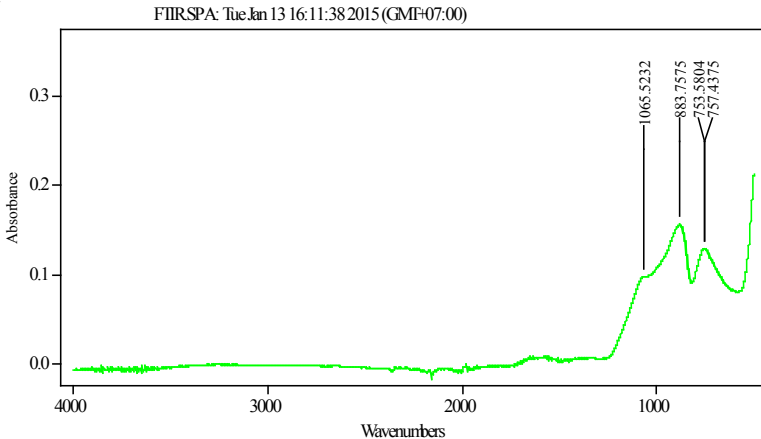
Gambar 6 grafik hasil search match XRD lapisan tipis yang dideposisi dengan suhu 200°C

Profil area	counts	Amount
Overall diffraction profile	466671	100%
Background radiation	45505897.	96.06%
Diffraction peaks	11613	3.94%

LAMPIRAN C

Hasil Analisis Ikatan Molekul Lapisan Tipis a-Si:H dengan Menggunakan Software *EssentialFTIR* Berdasarkan Hasil Pengujian FTIR

1. Kaca Substrat

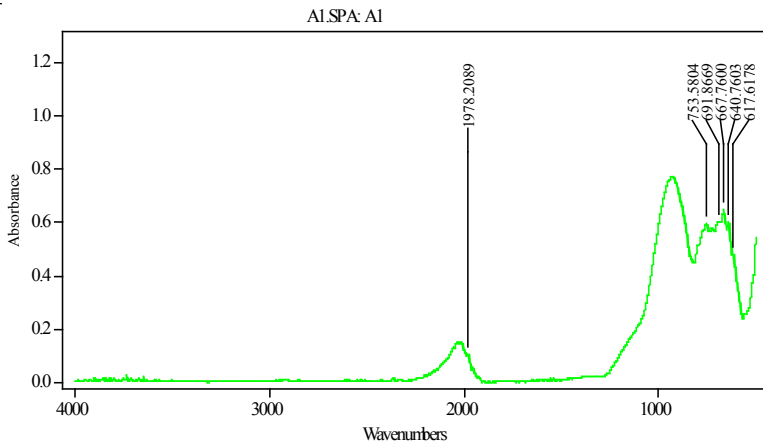


Gambar 7 Hasil Uji FTIR Substrat Kaca yang telah dianalisis dengan software *EssentialFTIR*

Tabel 1 Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk saat pengujian FTIR pada substrat kaca

Bilangan Gelombang	Tinggi Puncak Intensitas	Ikatan Molekul
753.5804	0.1287	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
757.4375	0.1287	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
883.7575	0.1561	Si-O-Si
1065.5232	0.0979	Si-O-Si

2. Suhu 150°C

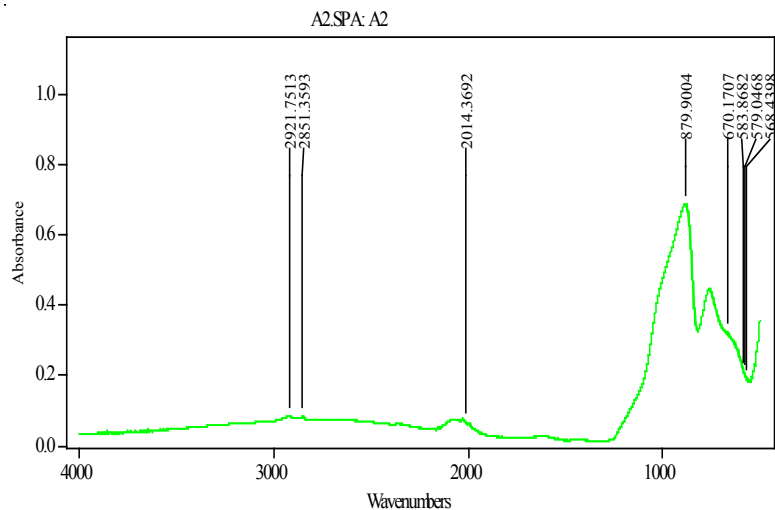


Gambar 8 Hasil Uji FTIR Lapisan Tipis a-Si:H dengan suhu deposisi 150°C yang telah dianalisis dengan software *EssentialFTIR*

Tabel 2 Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk saat pengujian FTIR pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 150°C

Bilangan Gelombang	Tinggi Puncak Intensitas	Ikatan Molekul
617.6178	0.4787	Si-H (<i>Wagging</i>)
640.7603	0.6002	Si-H (<i>Wagging</i>)
667.7600	0.6501	Si-H
691.8669	0.6050	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
753.5804	0.5962	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
1978.2089	0.1038	Si-H ₂ / (Si-H ₂) _n / (Si-H ₃) _n (<i>Stretching</i>)

3. Suhu 200⁰C



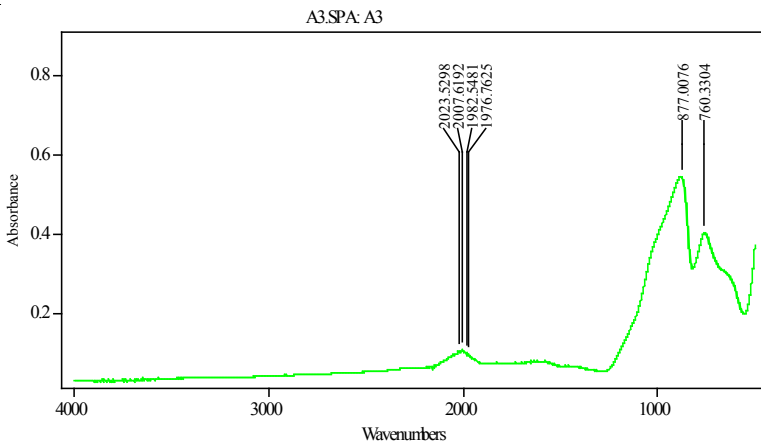
Gambar 9 Hasil Uji FTIR Lapisan Tipis a-Si:H dengan suhu deposisi 200⁰C yang telah dianalisis dengan software *EssentialFTIR*

Tabel 3 Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk saat pengujian FTIR pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 200⁰C

Bilangan Gelombang	Tinggi Puncak Intensitas	Ikatan Molekul
568. 4329	0.1918	Si-H
579.0468	0.2071	Si-H
583.8682	0.2145	Si-H
670.1707	0.3232	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
879.9004	0.6862	Si-H ₂
2014.3692	0.0711	Si-H (<i>Stretching</i>)

2851.3593	0.0828	Si-H ₂ / (Si-H ₂) _n / (Si-H ₃) _n (Stretching)
2921.7513	0.0863	Si-H ₂ / (Si-H ₂) _n / (Si-H ₃) _n (Stretching)

Suhu 250°C



Gambar 10 Hasil Uji FTIR Lapisan Tipis a-Si:H dengan suhu deposisi 250°C yang telah dianalisis dengan software *EssentialFTIR*

Tabel 4 Hasil kesesuaian bilangan gelombang terhadap ikatan molekul yang terbentuk saat pengujian FTIR pada lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 250°C

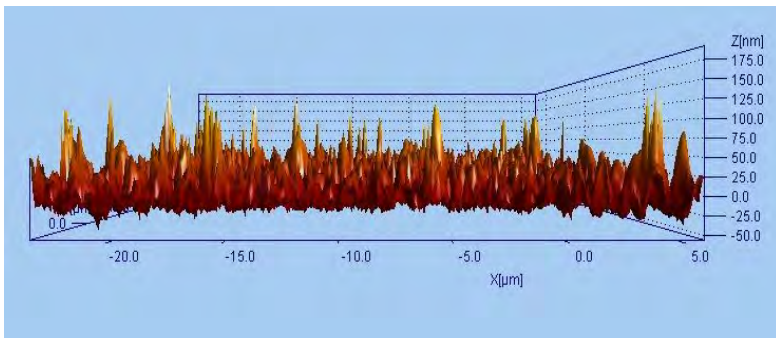
Bilangan Gelombang	Tinggi Puncak Intensitas	Ikatan Molekul
760.3304	0.4046	SiO ₂ (<i>Cristobalite</i>)
877.0076	0.5461	Si-H ₂
1976.7625	0.1000	Si-H (<i>Stretching</i>)

1982.5481	0.1045	Si-H (<i>Stretching</i>)
2007.6192	0.1104	Si-H (<i>Stretching</i>)
2023.5298	0.1093	Si-H (<i>Stretching</i>)

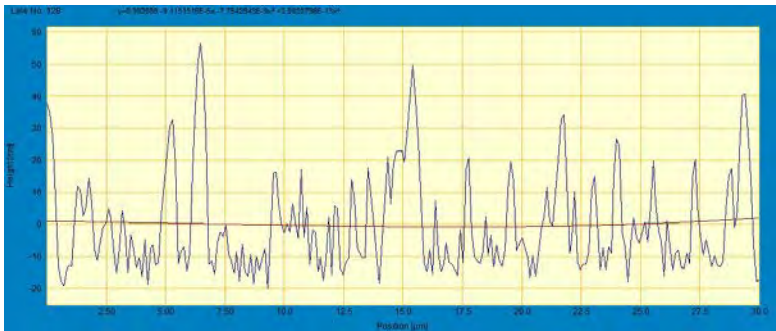
LAMPIRAN D

Hasil Pengujian AFM lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan variasi suhu

1. Suhu 150°C

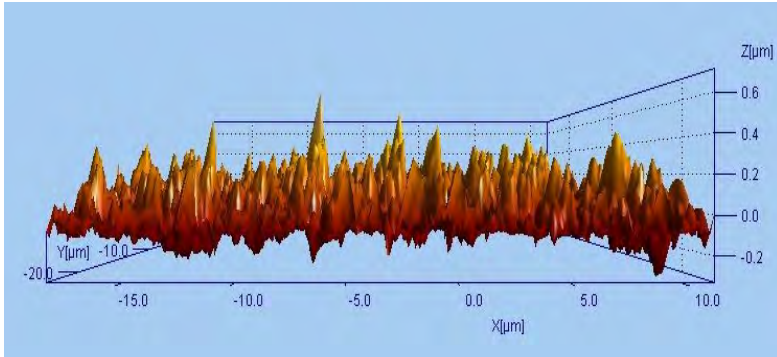


Gambar 11. Hasil Uji AFM lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 150°C

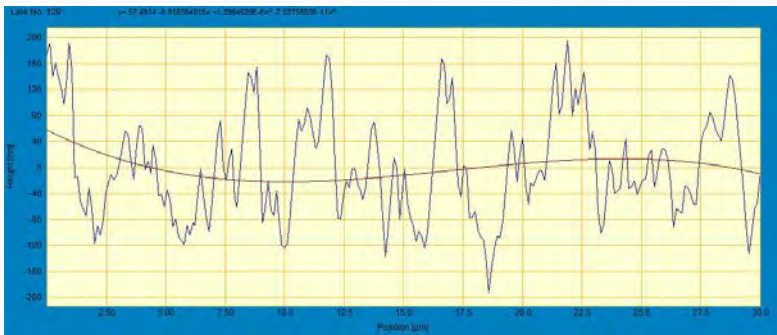


Gambar 12 Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 150°C Berdasarkan Hasil Uji AFM

2. Suhu 200°C

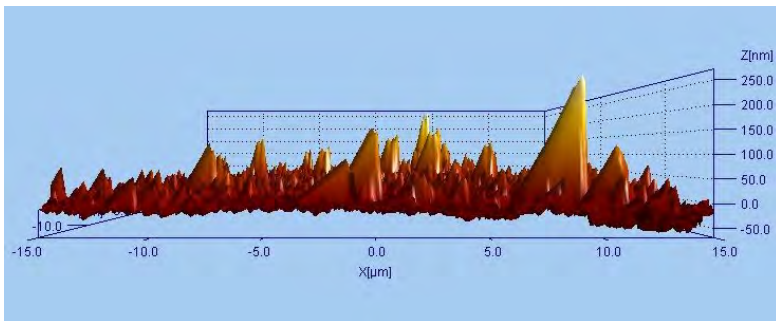


Gambar 13 Hasil Uji AFM lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 200°C

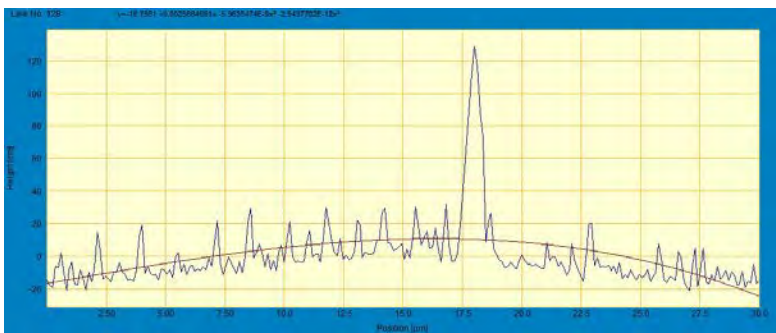


Gambar 14 Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 200°C Berdasarkan Hasil Uji AFM

3. Suhu 250⁰C

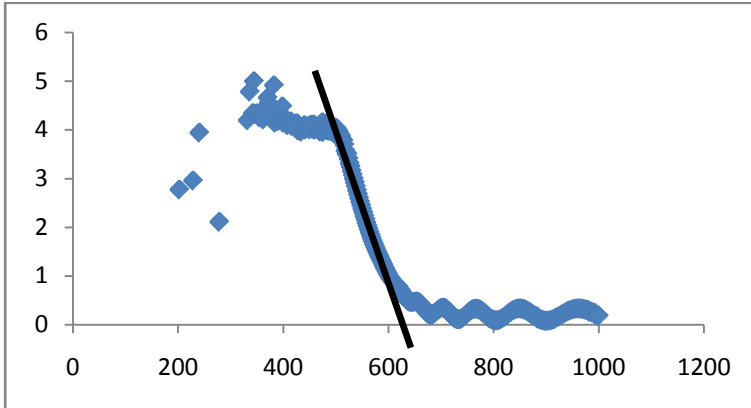


Gambar 15 Hasil Uji AFM lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan suhu 250⁰C



Gambar 16 Sebaran Puncak Lapisan Tipis a-Si:H yang Dideposisi dengan suhu 200⁰C Berdasarkan Hasil Uji AFM

LAMPIRAN E
Hasil Analisis Celah Pita Energi Lapisan Tipis a-Si:H dengan
Menggunakan Metode *Absorbance Edge* Berdasarkan Hasil
Pengujian UV-Vis



Gambar 17. Grafik hasil uji UV-Vis antara panjang gelombang dengan absorbansi untuk lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 150⁰C

Berdasarkan regresi linear dari grafik diatas, diperoleh persamaan:

$$y = -0,023x + 15,01$$

Dari persamaan garis tersebut, dapat ditentukan panjang gelombang dengan cara mencari titik potong terhadap sumbu x sehingga:

$$0 = -0,023 \lambda + 15,01$$

$$0,023 \lambda = 15,01$$

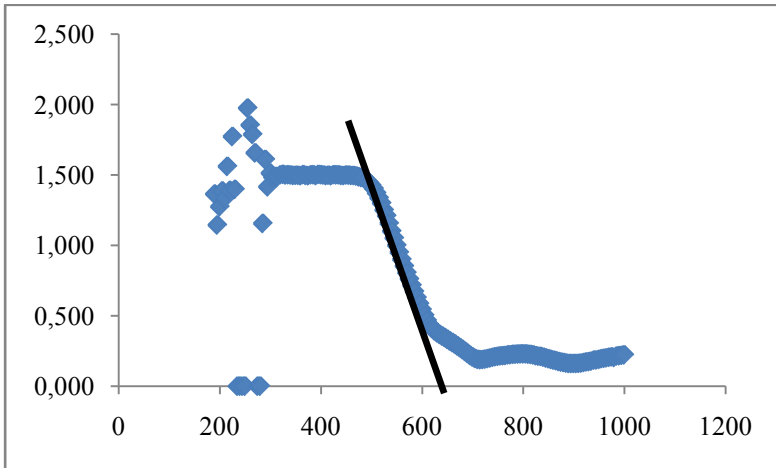
$$\lambda = 15,01/0,023$$

$$\lambda = 652,6087 \text{ nm}$$

Setelah didapatkan panjang gelombang, dengan menggunakan persamaan (2.2) dapat ditentukan lebar celah pita energi dari lapisan tipis tersebut

$$E_g = hc/\lambda$$

$$E_g = 1,89 \text{ eV}$$



Gambar 18. Grafik hasil uji UV-Vis antara panjang gelombang dengan absorbansi untuk lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 200°C

Berdasarkan regresi linear dari grafik diatas, diperoleh persamaan:

$$y = -0,002x + 1,900$$

Dari persamaan garis tersebut, dapat ditentukan panjang gelombang dengan cara mencari titik potong terhadap sumbu x sehingga:

$$0 = -0,002 \lambda + 1,900$$

$$0,002 \lambda = 1,900$$

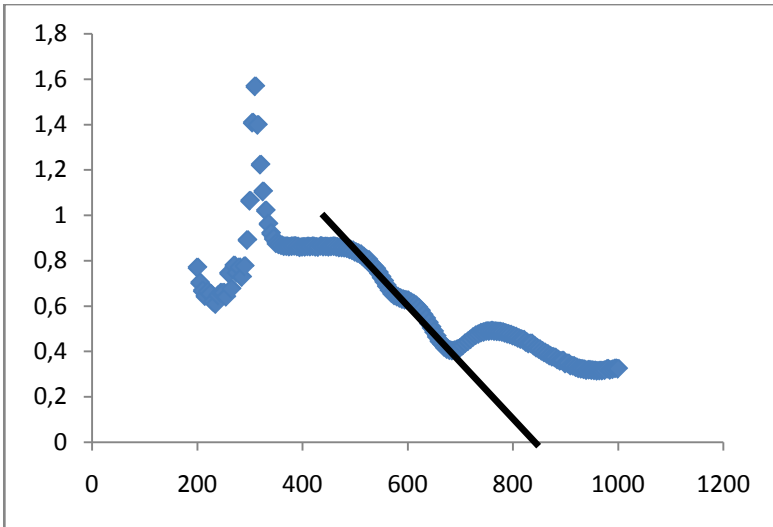
$$\lambda = 1,900/0,002$$

$$\lambda = 950 \text{ nm}$$

Setelah didapatkan panjang gelombang, dengan menggunakan persamaan (2.2) dapat ditentukan lebar celah pita energi dari lapisan tipis tersebut

$$E_g = hc/\lambda$$

$$E_g = 1,30 \text{ eV}$$



Gambar 19. Grafik hasil uji UV-Vis antara panjang gelombang dengan absorbansi untuk lapisan tipis yang dideposisi dengan temperatur 250°C

Berdasarkan regresi linear dari grafik diatas, diperoleh persamaan:

$$y = -0,001x + 1,466$$

Dari persamaan garis tersebut, dapat ditentukan panjang gelombang dengan cara mencari titik potong terhadap sumbu x sehingga:

$$0 = -0,001 \lambda + 1,466$$

$$0,001 \lambda = 1,466$$

$$\lambda = 1,466/0,001$$

$$\lambda = 1466 \text{ nm}$$

Setelah didapatkan panjang gelombang, dengan menggunakan persamaan (2.2) dapat ditentukan lebar celah pita energi dari lapisan tipis tersebut

$$E_g = hc/\lambda$$

$$E_g = 1,06 \text{ eV}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Ahda, Syahfandi dan Mardiyanto. 2007. "Karakterisasi Lapisan Tipis Silikon Amorf Terhidrogenasi Untuk Menentukan Energi Celah Pita Optik (E_g)". **Jurnal Sains Material Indonesia** hal.260-264.
- Alexandrova, S. dkk. 2003. "SHG and AFM Study of PECVD a-Si:H Films". **Vacuum** 69 (2003) 391-394.
- Bilalodin. 2012. "Pembuatan dan Penentuan Celah Pita Optik Film Tipis TiO_2 ". **Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng dan DIY** 0853-0823.
- Curtins, H., N. Wyrsch, and A. V. Shah. 1987. "Highrate Deposition of Amorphous Hydrogenated Silicon: Effect of Plasma Excitation Frequency". **Electronics Lett.**, **23**, 228-230.
- Diaz, A. Orduna. dkk. 2010. "FTIR and Electrical Characterization of a-Si:H layers deposited by PECVD at Different Boron Ratios". **Material Science and Engineering B** 174 (2010) 93-96.
- Fessenden, Ralph j., 1986, **Kimia Organik Edisi Ketiga**, Erlangga: Jakarta
- Fukawa, M., S. Suzuki, L. Guo, M. Kondo, and A. Matsuda, 2001. "High Rate Growth of Microcrystalline Silicon Using a High Pressure Depletion Method with VHF Plasma". **Sol. Energy Mater. & Solar Cells**, **66**, 217-223.
- Gau, L. dkk. 2012. "Nanocrystalline Si:H Thin Films Grown at Room Temperature With Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition at a Very High Pressure". **Journal of Physics D: Applied Physics**. 45 (2012)
- Graf, U., J. Meier, U. Kröll, J. Bailat, C. Droz, E. V. Sauvain, and A. Shah. 2003. "High Rate Growth of Microcrystalline Silicon by VHFCD at High Pressure". **Thin Solid Films**, 427, 37-40.

- Gogoi, Purabi. dkk, 2008. "Transport and Stability Studies in High Band Gap a-Si:H films Prepared By Argon Dillution". **PRAMANA- journal of Physics** Vol. 70 No 2, 351-358.
- Kusumawati, Enny. 2012. "Homogenitas Ketebalan, Konduktivitas Listrik dan Band Gap Lapisan Tipis a-Si:H tipe-p dan tipe-p Doping Delta yang Dideposisi dengan Sistem PECVD". **Jurnal Fisika dan Aplikasinya**, Vol.8 Nomor 1.
- Leng, Yang., 2008, **Material Characterization- Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods**, John Willey and Son (Asia) Pte Ltd: Singapore
- Mayang Dessyntya, Rizky. "PECVD sistem Permasalahn dan Penyelesaiannya". Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Pavia,dkk. 2001. **Introduction to Spectroscopy third edition**, Department of Chemistry Western Washington University: Bellingham, Washington.
- Supu, Amiruddin, dkk. 2009. "Optimasi Parameter Tekanan Deposisi untuk Penumbuhan Lapisan Tipis Mikrokrstal Silikon dengan Metode HWC PECVD". **Junal Matematika dan Sains**. Vol 13 no 4.
- Winata, T., I. Usman, J. D. Malago, A. Supu, Mursal, Sukirno, dan M. Barmawi. 2006. "Studi Pengembangan Teknik HWC-VHF-PECVD untuk Penumbuhan Lapisan Tips $\mu\text{-Si:H}$ ". **Simposium Fisika Nasional XXI**, Makassar-Indonesia.
- Veronika V, Jarmila M, R. Sranek, and Pavol Sutta. 2010. "Structural changes studies of a-Si:H film deposited by PEVCD under different hydrogen dilutions using various experimental techniques". **Vacuum** 84, 123-125.
- Suprianto, Studi Karakteristik I-V Sel Surya p-i-n Silikon Amorf Terhidrogenasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.

- Suprianto. 2011. “Peranan lapisan-i terhadap efisiensi sel surya p-i-n berbasis silikon amorf terhidrogenasi (a-Si:H)”, Thesis.
- Stuart, Barbara. 2004, **Infrared Spektroskopy: Fundamental and Application**, John Willey and Son Ltd.
- Yudhi Setyono, Ervin. 2009. “Sifat Elektronik Lapisan Tipis Silikon Amorf Terhidrogenasi (a-Si:H) Tipe-n Dideposisi Dengan PECVD”. **Seminar Nasional Electric, Informatics, and Its Education 2009**.

“halaman ini sengaja dikosongkan”



BIODATA PENULIS

Penulis bernama Umi Maslakah merupakan anak keempat dari lima bersaudara yang lahir di Bojonegoro pada 07 Juni 1992. Semasa kecil penulis menempuh pendidikan formal antara lain di SDN Ngeper 02, SMPN 1 Padangan, dan SMA Negeri 1 Cepu. Dari tahun 2010 penulis menempuh pendidikan lanjut di Jurusan Fisika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur tes tulis SNMPTN.

Semasa kuliah penulis pernah bergabung dengan organisasi HIMASIKA. Dalam hal akademis, penulis pernah menjadi asisten dosen Fisika Dasar 1 dan 2, asisten laboratorium Fisika Dasar, laboratorium Madya (Fisika Modern dan Gelombang), serta laboratorium bahan. Penulis pernah menjadi peserta regional Olimpiade Nasional Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (ON-MIPA) dan Finalis Olimpiade Sains Nasional (OSN Pertamina) pada tahun 2013. Penulis juga aktif mengikuti berbagai kegiatan ilmiah sejak didanainya proposal PKM oleh DIKTI pada tahun 2012. Harapan besar penulis adalah bisa memanfaatkan usia yang masih muda ini untuk terus belajar dan berkarya. Akhir kata bila ada kritik dan saran kirim ke : umi030@yahoo.com